

Historic, Archive Document

Do not assume content reflects current scientific knowledge, policies, or practices.

LIBRARY
OF THE
UNITED STATES
DEPARTMENT OF AGRICULTURE

Class 474

Book N213

8-1577

v. 7





Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte
der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben

von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Siebenter Jahrgang 1919



BERLIN
Verlag von Julius Springer
1919



Allgemeines.

- Abel, Othenio, Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage. S. 113, 141.
 Berliner, A., Zur Beteiligung deutscher Gelehrter an der Ausbildung von Kampfmitteln. S. 793.
 Heider, Karl, Ernst Haeckel. Ein Wort der Erinnerung, gesprochen zur Eröffnung des Kollegs am 1. Oktober 1919. S. 945.
 Jensen, Paul, Naturwissenschaft und Demokratie. S. 821.
 Kraus, Oskar, Francis Bacon, der Philosoph des Machtgedankens. S. 33.
 Kries, J. von, Goethe als Naturforscher. S. 835.
 Kronenberg, M., Hundert Jahre Welt als Wille und Vorstellung. S. 197.
 Krumbach, Thilo, Ernst Haeckels Person und Werk im Urteil der Zeitgenossen. S. 966.
 Walther, J., Ernst Haeckel als Mensch und Lehrer. S. 946.
 Wien, W., Hermann von Helmholtz. Zu seinem 25 jährigen Todestage. S. 645.
 Ziehen, Th., Haeckel als Philosoph. S. 958.

Biologisches.

Allgemeine Biologie.

- Braun, Fritz, Die biologischen Aufgaben des Vogelgesanges. S. 889.
 Bühler, Karl, Über die Deutung des Weberschen Gesetzes. S. 456.
 Dürken, B., Die Wirkung des Lichtes auf die Schmetterlingspuppe. S. 421.
 — Der Einfluß der Umgebung auf die Zeichnung des Feuersalamanders. S. 981.
 Freundlich, H., Das Auftreten einer Mutation vom Standpunkte der Wahrscheinlichkeit. S. 832.
 Jensen, Paul, Physiologische Bemerkungen zur Vererbungs- und Entwicklungslehre. S. 519.
 Knott, Fritz, Gibt es eine Farbendressur der Insekten? S. 425.
 Krumbach, Thilo, Die Schriften Ernst Haeckels. S. 961.
 Martini, E., Die Zahlenkonstanz im Aufbau des biologischen Zellenstaates (Zellkonstanz). S. 1002.
 Spemann, H., Experimentelle Forschungen zum Determinations- und Individualitätsproblem. S. 581.
 Study, E., Die Mimikry als Prüfstein phylogenetischer Theorien. S. 371, 392, 406.
 — Genetik und Mimikry. S. 761.
 Thörner, Walter, Die Grundlagen der Erregung und der Erregungsleitung in der lebendigen Substanz. S. 652, 670.
 Urbisch, Leopold v., Über die Beziehungen der Keimdrüsen zu den sekundären Geschlechtsmerkmalen. S. 750.
 Vries, Hugo de, Das Wandern der Pflanzen. S. 81.
 — Über erbliche Ursachen eines frühzeitigen Todes. S. 217.
 Wachs, Horst, Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der Wirbeltiere. S. 322, 705.

Botanik.

- Fitting, Hans, Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung: Botanik. S. 571.
 Frickhinger, Hans Walter, Die Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes in ihren Beziehungen zum Kulturzustand des Forstes. S. 43, 57.
 Schröder, Bruno, Über Meteorpapier. S. 605.
 Schröder, H., Die jährliche Gesamtproduktion der grünen Pflanzendecke der Erde. S. 8, 23.
 — Quantitatives über die Verwendung der solaren Energie auf Erden. S. 976.
 Vries, Hugo de, Das Wandern der Pflanzen. S. 81.
 — Über erbliche Ursachen eines frühzeitigen Todes. S. 217.

Zoologie und Anthropologie.

- Abel, Othenio, Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage. S. 113, 141.
 — Neue Rekonstruktion der Flugsauriergattungen Pterodactylus und Rhamphorhynchus. S. 661.
 Antonius, Otto, Die Abstammung der Hausrinder. S. 781.
 Brandt, B., Schädelkunde aus dem Totenfelde von Cajamarquilla in Peru. S. 712.
 Braun, Fritz, Die biologischen Aufgaben des Vogelgesanges. S. 889.
 Dürken, B., Der Einfluß der Umgebung auf die Zeichnung des Feuersalamanders. S. 981.

- Feige, Ernst, Zur Biologie des Haustierhaares. S. 756.
 Frickhinger, Hans Walter, Die Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes in ihren Beziehungen zum Kulturstand des Forstes. S. 43, 57.
 Friederichs, K., Wanderheuschrecken und ihre Bekämpfung. S. 345.
 Hase, Albrecht, Die Zoologie und ihre Leistungen im Kriege 1914 bis 1918. S. 105.
 Hertwig, R., Haeckels Verdienste um die Zoologie. S. 951.
 Hesse, Richard, Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung: Zoologie. S. 576.
 Hoff, Wilhelm, Der Flug der Insekten und der Vögel. S. 159.
 Körner, O., Vermittelt das Labyrinth der Fische Gehörs wahrnehmungen? S. 378.
 Krumbach, Thilo, Die Schriften Ernst Haeckels. S. 961.
 Külz, L., Über Salzhunger und Geophagie (Erdesen) bei den Naturvölkern. S. 675.
 Martini, E., Die Zahlenkonstanz im Aufbau des biologischen Zellenstaates (Zellkonstanz). S. 1002.
 Pütter, A., Die natürliche Nahrung der Kleinkrebse. S. 55.
 Schiemenz, P., Der volkswirtschaftliche Wert unserer Fischgewässer. S. 355.
 Spemann, H., Experimentelle Forschungen zum Determinations- und Individualitätsproblem. S. 581.
 Wachs, Horst, Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der Wirbeltiere. S. 322, 705.
 Zimmer, C., Über Hamstern im Tierreich. S. 70.

Medizin.

- Abderhalden, Emil, Die Bedeutung von Emil Fischers Lebenswerk für die Physiologie und darüber hinaus für die gesamte Medizin. S. 860.
 Asher, Leon, Funktionelle Anpassung. S. 129.
 Erggelet, H., Geräte zur Darstellung des Sehens durch gute und durch schlechte Brillengläser. S. 259.
 Flury, F., Tierische Gifte. S. 613.
 Hase, Albrecht, Die Zoologie und ihre Leistungen im Kriege 1914 bis 1918. S. 105.
 Heffter, A., Die Maximaldosis des Salvarsans. S. 419.
 Külz, L., Über Salzhunger und Geophagie (Erdesen) bei den Naturvölkern. S. 675.
 Kuznitsky, Erich, Über experimentelle Strahlentherapie. S. 233.
 Langstein, Leo, Das Kaiserin Auguste Victoria Haus zur Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit im Deutschen Reich. S. 467.
 Levy-Dorn, Max, Zu den Grundlagen der Röntgen- und Radiumtherapie. S. 721.
 Lewin, Louis, Pfeilgifte und Pfeilgiftwirkungen. S. 181.
 Michaelis, Leonor, Zur Erinnerung an Paul Ehrlich: Seine wiedergefundene Doktor-Dissertation. S. 165.
 Nathansohn, Alexander, Die physiologische Verbrennung als elektrolytischer Oxydationsprozeß. S. 909.
 Pütter, A., Die Frage der Doppelinnervation der willkürlichen Muskeln. S. 225.
 Seligmann, E., Fortschritte der Diphtheriebekämpfung. S. 396.
 Thörner, Walter, Die Grundlagen der Erregung und der Erregungsleitung in der lebendigen Substanz. S. 652, 670.
 Voormolen, C. M., Die Bedeutung des Kaliums im Organismus. S. 895.
 Wien, W., Hermann von Helmholtz. Zu seinem 25jährigen Todestage. S. 645.
 Zuntz, Gesichtspunkte zur Lehre von der Ernährung. S. 801.

Nichtbiologisches.

Astronomie.

- Bottlinger, F., Bau und Größe des Fixsternsystems nach den Untersuchungen von H. v. Seeliger. S. 741.
 Freundlich, Erwin, Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie. S. 629.
 Guthnick, P., Die theoretischen Untersuchungen Seeligers auf dem Gebiete der Himmelsphotometrie. S. 681.
 Köhlschütter, Arnold, Der innere Aufbau der Sterne. S. 65, 89.
 Küstner, F., Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung: Astronomie. S. 537.
 Wanach, B., Die Polhöschwankungen. S. 451, 472.

Geographie und Meteorologie.

- Baschin, Otto, Erosion und Erosionsbasis. S. 678.
 Brandt, B., Die Sicheldünen der Pampa von Islay in Peru. S. 1012.
 Dorno, C., Über Beobachtungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie. S. 973, 1007.
 Klengel, F., Europas meteorologische Hochstationen vor dem Kriege. S. 241.
 Külz, L., Über Salzhunger und Geophagie (Erdessen) bei den Naturvölkern. S. 675.
 Nowak, Ernst, Zur Entstehungsgeschichte des Adriatischen Meeres. S. 929.
 Philippson, A., Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung: Geographie. S. 561.
 Schmidt, Wilhelm, Die Verbreitung von Früchten durch die Luftbewegung. S. 810.
 Schröder, H., Quantitatives über die Verwendung der solaren Energie auf Erden. S. 976.
 Wigand, Albert, Aerophysikalische Forschungen mit dem Flugzeuge. S. 487.

Geologie und Mineralogie.

- Abel, Othenio, Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage. S. 113, 141.
 — Neue Rekonstruktion der Flugsauriergattungen Pterodactylus und Rhamphorhynchus. S. 661.
 Baschin, Otto, Erosion und Erosionsbasis. S. 678.
 Brandt, B., Über Verwitterungsformen im Pariser Grobkalk. S. 267.
 Brauns, Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung: Mineralogie. S. 555.
 Groth, P. H. von, Über den kristallisierten und amorphen Zustand organischer Verbindungen und über die sogenannten flüssigen Kristalle. S. 648.
 Jänecké, Ernst, Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager. S. 619, 636.
 Johnsen, A., Über die Funken und den Geruch beim Aneinanderschlagen von Mineralien. S. 459.
 — Mineralogie im Dienste der Geologie. S. 665, 690.
 Nowak, Ernst, Zur Entstehungsgeschichte des Adriatischen Meeres. S. 929.
 Pekár, Desider, Die geophysikalischen Messungen des Barons Roland v. Eötvös. S. 194.
 Rinne, F., Die Kristallbaustile. S. 381.
 — Über die Modifikationen kristalliner Stoffe. S. 503.
 Steinmann, G., Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung: Geologie und Paläontologie. S. 559.

Physik.

- Abraham, M., Zum fünfundzwanzigjährigen Todestage von Heinrich Hertz. S. 1.
 Born, M., Vom mechanischen Äther zur elektrischen Materie. S. 136.
 Dorno, C., Über Beobachtungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie. S. 973, 1007.
 Eggert, J., Einführung in die Grundlagen des Nernstschen Wärmethorems. S. 883, 917.
 Erfle, H., Die Entwicklung des Sehrohres für Tauchboote. S. 805, 826.
 Erggelet, H., Geräte zur Darstellung des Sehens durch gute und durch schlechte Brillengläser. S. 259.
 Fajans, K., Die künstliche Zerlegung des Stickstoffatoms. S. 729.
 Frank, Philipp, Die statistische Betrachtungsweise in der Physik. S. 701, 723.
 Freundlich, Erwin, Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie. S. 629.
 Gehrts, A., Quecksilberdampfstrahlpumpen. S. 983.
 Gehrts, F., Die Entwicklung der Verstärkerröhre und ihre Verwendung. S. 764.
 Groth, P. H. von, Über den kristallisierten und amorphen Zustand organischer Verbindungen und über die sogenannten flüssigen Kristalle. S. 648.
 Guthnick, P., Die theoretischen Untersuchungen Seeligers auf dem Gebiete der Himmelsphotometrie. S. 681.
 Haas, Arthur, Die Axiomatik der modernen Physik. S. 744.
 Kaufmann, W., Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung: Physik. S. 542.
 Kohlschütter, Arnold, Der innere Aufbau der Sterne. S. 65, 89.
 Kolhörster, Werner, Messungen der durchdringenden Strahlung während der Sonnenfinsternis vom 21. August 1914. S. 412.
 Kossel, W., Über die physikalische Natur der Valenzkräfte. S. 339, 360.
 Kries, J. von, Über Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Physik. S. 2, 17.

- Levy-Dorn, Max, Zu den Grundlagen der Röntgen- und Radiumtherapie. S. 721.
 Nathansohn, Alexander, Die physiologische Verbrennung als elektrolytischer Oxydationsprozeß. S. 909.
 Pekár, Desider, Die geophysikalischen Messungen des Barons Roland v. Eötvös. S. 194.
 — Das Gesetz der Proportionalität von Trägheit und Gravität. S. 327.
 — Baron Roland v. Eötvös' wissenschaftliche Laufbahn. S. 387.
 — Die Untersuchungen des Barons Roland v. Eötvös über die Kapillarität. S. 524.
 Planck, M., Das Wesen des Lichts. S. 903.
 Plato, F., Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen. S. 97, 117.
 Rinne, F., Über die Modifikationen kristalliner Stoffe. S. 503.
 Scheel, Karl, Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1918. S. 997.
 Schröder, H., Quantitatives über die Verwendung der solaren Energie auf Erden. S. 976.
 Seeliger, R., Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten. S. 443.
 Voß, R. von, Die heterochrome Photometrie in Theorie und Praxis. S. 789.
 Wien, W., Hermann von Helmholtz. Zu seinem 25jährigen Todestage. S. 645.
 Wigand, Albert, Aerophysikalische Forschungen mit dem Flugzeuge. S. 487.

Chemie und physikalische Chemie.

- Abderhalden, Emil, Die Bedeutung von Emil Fischers Lebenswerk für die Physiologie und darüber hinaus für die gesamte Medizin. S. 860.
 Anschütz, Richard, Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung: Chemie. S. 548.
 Born, M., Vom mechanischen Äther zur elektrischen Materie. S. 136.
 Connstein, W., und K. Lüdecke, Glyceringewinnung aus Zucker. S. 403.
 Eggert, J., Einführung in die Grundlagen des Nernstschen Wärmetheorems. S. 883, 917.
 Ephraim, Fritz, Zur Kenntnis der chemischen Affinität. S. 49.
 Fajans, K., Die künstliche Zerlegung des Stickstoffatoms. S. 729.
 Flury, F., Tierische Gifte. S. 613.
 Groth, P. H. von, Über den kristallisierten und amorphen Zustand organischer Verbindungen und über die sogenannten flüssigen Kristalle. S. 648.
 Harries, C., Emil Fischers wissenschaftliche Arbeiten. S. 843.
 Heffter, A., Die Maximaldosis des Salvarsans. S. 419.
 Jacobson, P., Beilsteins Handbuch der organischen Chemie, ein Spiegel ihrer Entwicklung. S. 222.
 Jänecke, Ernst, Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager. S. 619, 636.
 Kossel, W., Über die physikalische Natur der Valenzkräfte. S. 339, 360.
 Lewin, Louis, Pfeilgifte und Pfeilgiftwirkungen. S. 181.
 — Eine toxikologische Erinnerung an Emil Fischer. S. 878.
 Meyerhof, Otto, Über den Zusammenhang von Atmung und Gärung. S. 253.
 Michaelis, Leonor, Zur Erinnerung an Paul Ehrlich: Seine wiedergefundene Doktor-Dissertation. S. 165.
 Nathansohn, Alexander, Die physiologische Verbrennung als elektrolytischer Oxydationsprozeß. S. 909.
 Nord, F. F., Der Acetaldehyd in der Natur. Ergebnisse des Abfangverfahrens. S. 685.
 Pringsheim, Hans, Die chemische Anpassung der Mikroorganismen. S. 319.
 Regelsberger, F., Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Leichtmetallindustrie. S. 923.
 Staudinger, H., Leistungen der Chemie in der Gegenwart. S. 608.
 Sudhoff, Karl, Eine neue Darstellung der Entstehung und Ausbreitung der Alchemie. S. 990.
 Trendelenburg, Ernst, Emil Fischer in seiner Betätigung für die deutsche Wissenschaftspflege. S. 873.
 Voormolen, C. M., Die Bedeutung des Kaliums im Organismus. S. 895.
 Weinberg, A. von, Emil Fischers Tätigkeit während des Krieges. S. 868.

Physikalische und chemische Technik.

- Erfle, H., Die Entwicklung des Sehrohres für Tauchboote. S. 805, 826.
 Esau, A., Die Braunsche Rahmenantenne und ihr Anwendungsgebiet in der drahtlosen Technik. S. 912.
 Gehrts, A., Quecksilberdampfstrahlpumpen. S. 983.
 Gehrts, F., Die Entwicklung der Verstärkerröhre und ihre Verwendung. S. 764.
 Hoff, Wilhelm, Der Flug der Insekten und der Vögel. S. 159.
 Jabs, Asmus, Einiges über unsere Torfmoore. S. 491.

- Jacobson, P., Beilsteins Handbuch der organischen Chemie, ein Spiegel ihrer Entwicklung. S. 222.
- Merté, W., Die Grundlagen der Kinematographie. S. 435.
- Plato, F., Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen. S. 97, 117.
- Regelsberger, F., Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Leichtmetallindustrie. S. 923.
- Staudinger, H., Leistungen der Chemie in der Gegenwart. S. 608.
- Thiene, H., Ist ein Bedürfnis für hochwertige Konservengläser vorhanden? S. 238.
- Treitel, Heinrich, Luftfilter für Maschinenbetriebe. S. 430.
- Voß, R. von, Die heterochrome Photometrie in Theorie und Praxis. S. 789.

Psychologie.

- Koffka, K., Probleme der experimentellen Psychologie. II. Über den Einfluß der Erfahrung auf die Wahrnehmung. S. 597.
- Lipmann, Otto, Psychographie des Mediziners. S. 39.
- Merté, W., Die Grundlagen der Kinematographie. S. 435.

Mathematik.

- Carathéodory, C., Die Bedeutung des Erlanger Programms. S. 297.
- Fricke, Robert, Felix Klein zum 25. April 1919, seinem siebenzigsten Geburtstage. S. 275.
- Kries, J. von, Über Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Physik. S. 2, 17.
- Mises, R. v., Marbes Gleichförmigkeit in der Welt und die Wahrscheinlichkeitsrechnung. S. 168, 186, 205.
- Prandtl, L., Felix Klein und die Förderung der angewandten Wissenschaften. S. 307.
- Schoenflies, A., Klein und die nichteuclidische Geometrie. S. 288.
- Sommerfeld, A., Klein, Riemann und die mathematische Physik. S. 300.
- Timmerding, H. E., Felix Klein und die Reform des mathematischen Unterrichts. S. 303.
- Voß, A., Felix Klein als junger Doktor. S. 280.
- Wirtinger, Wilh., Klein und die Mathematik der letzten fünfzig Jahre. S. 287.

Besprechungen.

Allgemeines.

- Bechhold, J. H., Handlexikon der Naturwissenschaften (A. Berliner). S. 495.

Biologisches.

Allgemeine Biologie.

- Bechhold, H., Die Kolloide in Biologie und Medizin (R. Zsigmondy). S. 901.
- Erinnerungen an Th. Boveri (J. Groß). S. 332.
- Hertwig, R., und R. v. Wettstein, Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie [Die Kultur der Gegenwart. 3. Teil, 4. Abt., 4. Bd.] (O. Steche). S. 812.
- Kammerer, Paul, Das Gesetz der Serie (H. L. Honigmann). S. 814.
- Pascher, A., Flagellaten und Rhizopoden in ihren gegenseitigen Beziehungen (Erwin. Hirsch). S. 71.
- Schallmeyer, W., Vererbung und Auslese, Grundriß der Gesellschaftsbiologie und der Lehre vom Rassedienst (E. G. Pringsheim). S. 643.
- Ziegler, H. E., Ein Lehrbuch der naturwissenschaftlichen Vererbungslehre (Paul Jensen). S. 519, 821.

Botanik.

- Ernst, A., Bastardierung als Ursache der Apogamie (E. G. Pringsheim). S. 591.
- Haberlandt, G., Beiträge zur allgemeinen Botanik (H. v. Guttentberg). S. 640.
- Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei (E. Küster). S. 643.
- Morton, F., Wasserpflanzen (E. G. Pringsheim). S. 643.

Zoologie.

- Bücher, H., Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung (K. Friederichs). S. 345.
- Degener, P., Die Formen der Vergesellschaftung im Tierreich (K. Escherich). S. 92.
- Demoll, Reinhard, Der Flug der Insekten und Vögel (F. Stellwaag). S. 162.
- Ereky, Karl, Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe (H. Pringsheim). S. 112.
- Friederichs, K., Studien über Nashornkäfer als Schädlinge der Kokospalme (L. Reh). S. 900.
- Hoffmann, Bernhard, Führer durch die Vogelwelt zum Beobachten und Bestimmen der häufigsten Arten durch Auge und Ohr (H. Schalow). S. 93.
- Kühn, Alfred, Die Orientierung der Tiere im Raum (R. Brun). S. 993.
- Kükenthal, W., Leitfaden für das zoologische Praktikum (S. Becher). S. 175.
- Steche, Otto, Grundriß der Zoologie (C. Zimmer). S. 815.
- Wilhelmi, J., Die angewandte Zoologie als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und kultureller Faktor (B. Harms). S. 592.

Medizin.

- Bechhold, H., Die Kolloide in Biologie und Medizin (R. Zsigmondy). S. 901.
- Ereky, Karl, Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe (H. Pringsheim). S. 112.
- Greeff, R., Zur Entwicklung der Brille (M. v. Rohr). S. 209.

- Hallauer, O., Die Brille 100 Jahre vor und 100 Jahre nach der Erfindung der Buchdruckerkunst (M. v. Rohr). S. 209.
- Höber, Rudolf, Lehrbuch der Physiologie des Menschen (P. Rona). S. 776.
- Lichtwitz, L., Klinische Chemie (H. Freund). S. 94.
- Nocht, B., und M. Mayer, Die Malaria (L. R. Müller). S. 776.
- Nöller, W., Die Behandlung der Pferderäude mit Schwefeldioxyd (B. Harms). S. 333.
- Pflugk, A. von, und M. v. Rohr, Beiträge zur Entwicklung der Kenntnis von der Brille (M. v. Rohr). S. 209.
- Rohr, M. v., Beitrag zur Geschichte der süddeutschen Brillenfabriken (Autoreferat). S. 209.
- Zur Entwicklung der Fernrohrbrille (Autoreferat). S. 209.
- und K. Stegmann, Zur Brillenversorgung Deutschlands um die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts (M. v. Rohr). S. 209.
- Weiser, M., Medizinische Kinematographie (W. Merté). S. 479.
- Winterstein, Hans, Die Narkose (Otto Meyerhof). S. 773.

Nichtbiologisches.

Astronomie.

- Rosenberg, H. (Hrsgb.), Veröffentlichungen der Sternwarte Österberg zu Tübingen (P. Guthnick). S. 714.
- Uibe, Martin, Über die Helligkeitsverteilung des diffusen Sonnenlichts am klaren Himmel (P. Guthnick). S. 795.

Meteorologie.

- Wenger, Robert, Die Vorherbestimmung des Wetters (R. Süring). S. 75.

Geologie.

- Heim, Albert, Geologie der Schweiz (J. Früh). S. 496.
- Keilhack, K., Lehrbuch der praktischen Geologie (O. H. Erdmannsdörfer). S. 716.

Philosophie.

- Kraus, Oskar, Franz Brentano (M. Schlick). S. 463.
- Schlick, M., Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik (Selbstanzeige). S. 463.

Physik.

- Auerbach, Felix, Das Wesen der Materie (J. Koppel). S. 463.
- Bloch, W., Einführung in die Relativitätstheorie (F. Reiche). S. 509.
- Föppl, A., Vorlesungen über technische Mechanik (R. Grammel). S. 123.
- Greiff, R., Zur Entwicklung der Brille (M. v. Rohr). S. 209.
- Gumlich, Ernst, Leitfaden der magnetischen Messungen (K. Schmiedel). S. 461.
- Hallauer, O., Die Brille 100 Jahre vor und 100 Jahre nach der Erfindung der Buchdruckerkunst (M. v. Rohr). S. 209.
- Lenard, P., Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten (R. Seeliger). S. 443.

- Mache, Heinrich, Die Physik der Verbrennungserscheinungen (A. Koenig). S. 715.
- Millikan, Robert Andrews, The Electron, Its Isolation and Measurement and the Determination of Some of Its Properties (R. Bär). S. 478.
- Pflugk, A. von, und M. v. Rohr, Beiträge zur Entwicklung der Kenntnis von der Brille (M. v. Rohr). S. 209.
- Planck, M., Einführung in die Mechanik deformierbarer Körper (M. Born). S. 716.
- Rohr, M. v., Beitrag zur Geschichte der süddeutschen Brillenfabriken (Autoreferat). S. 209.
- Zur Entwicklung der Fernrohrbrille (Autoreferat). S. 209.
- und K. Stegmann, Zur Brillenversorgung Deutschlands um die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts (M. v. Rohr). S. 209.
- Schlick, M., Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik (Selbstanzeige). S. 463.
- Wenger, Robert, Die Vorherbestimmung des Wetters (R. Süring). S. 75.
- Wiedemann, E., und F. Hauser, Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen (H. Kienle). S. 146.
- Wien, W., Neuere Entwicklung der Physik und ihrer Anwendungen (A. Berliner). S. 730.
- Wiesent, J., Die neuesten Fortschritte in der Erkenntnis der Eigenschaften der Materie (K. Fajans). S. 193.

Chemie und physikalische Chemie.

- Auerbach, Felix, Das Wesen der Materie (J. Koppel). S. 463.
- Bechhold, H., Die Kolloide in Biologie und Medizin (R. Zsigmondy). S. 901.
- Henrich, Ferdinand, Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe (Fritz Paneth). S. 192.
- Lichtwitz, L., Klinische Chemie (H. Freund). S. 94.
- Mache, Heinrich, Die Physik der Verbrennungserscheinungen (A. Koenig). S. 715.
- Nöller, W., Die Behandlung der Pferderäude mit Schwefeldioxyd (B. Harms). S. 333.
- Wiesent, J., Die neuesten Fortschritte in der Erkenntnis der Eigenschaften der Materie (K. Fajans). S. 193.
- Zsigmondy, Richard, Kolloidchemie, ein Lehrbuch (Alfred Coehn). S. 479.

Physikalische und chemische Technik.

- Demoll, Reinhard, Der Flug der Insekten und Vögel (F. Stellwaag). S. 162.
- Ereky, Karl, Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung der landwirtschaftlichen Großbetriebe (H. Pringsheim). S. 112.
- Föppl, A., Vorlesungen über technische Mechanik (R. Grammel). S. 123.
- Henrich, Ferdinand, Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe (Fritz Paneth). S. 192.
- Mises, R. v., Fluglehre. Vorträge über Theorie und Berechnung der Flugzeuge in elementarer Darstellung (A. Betz). S. 462.
- Stettbacher, A., Die Schieß- und Sprengstoffe (O. Poppenberg). S. 796.

- Weiser, M., Medizinische Kinematographie (W. Merté). S. 479.
- Wiedemann, E., und F. Hauser, Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen (H. Kienle). S. 146.
- Wiesent, J., Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie und ihre physikalischen Grundlagen (A. Meißner). S. 464.

Psychologie.

- Hillebrand, F., Ewald Hering, Ein Gedenkwort der Psychophysik (v. Brücke). S. 331.
- Müller, Alois, Die Referenzflächen des Himmels und der Gestirne (J. Wittmann). S. 655.
- Sterzinger, Othmar, Zur Psychologie und Naturphilosophie der Geschicklichkeitsspiele (Hans Reichenbach). S. 644.

Verzeichnis der Referenten.

- Bär, R.: Millikan, Robert Andrews, The Electron, Its Isolation and Measurement and the Determination of Some of Its Properties. S. 478.
- Becher, S.: Kükenenthal, W., Leitfaden für das zoologische Praktikum. S. 175.
- Berliner, A.: Bechhold, J. H., Handlexikon der Naturwissenschaften. S. 495.
- Wien, W., Neuere Entwicklung der Physik und ihrer Anwendungen. S. 730.
- Betz, A.: Mises, R. v., Fluglehre. Vorträge über Theorie und Berechnung der Flugzeuge in elementarer Darstellung. S. 462.
- Born, M.: Planck, M., Einführung in die Mechanik deformierbarer Körper. S. 716.
- Brücke, v.: Hillebrand, F., Ewald Hering. Ein Gedenkwort der Psychophysik. S. 331.
- Brun, B.: Kühn, Alfred, Die Orientierung der Tiere im Raum. S. 993.
- Coehn, Alfred: Zsigmondy, Richard, Kolloidchemie, ein Lehrbuch. S. 479.
- Erdmannsdorfer, O. H.: Keilhack, K., Lehrbuch der praktischen Geologie. S. 716.
- Escherich, K.: Degener, P., Die Formen der Vergesellschaftung im Tierreich. S. 92.
- Fajans, K.: Wiesent, J., Die neuesten Fortschritte in der Erkenntnis der Eigenschaften der Materie. S. 193.
- Freund, H.: Lichtwitz, L., Klinische Chemie. S. 94.
- Friederichs, K.: Bücher, H., Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung (Originalaufsatz). S. 345.
- Früh, J.: Heim, Albert, Geologie der Schweiz. S. 496.
- Grammel, R.: Föppl, A., Vorlesungen über technische Mechanik. S. 123.
- Groß, J.: Erinnerungen an Th. Boveri. S. 332.
- Guthnick, P.: Veröffentlichungen der Sternwarte Österberg zu Tübingen. S. 714.
- Uibe, Martin, Über die Helligkeitsverteilung des diffusen Sonnenlichts am klaren Himmel. S. 795.
- Guttenberg, H. v.: Haberlandt, G., Beiträge zur allgemeinen Botanik. S. 640.
- Harms, B.: Nöller, W., Die Behandlung der Pferderäude mit Schwefeldioxyd. S. 333.
- Wilhelmi, J., Die angewandte Zoologie als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und kultureller Faktor. S. 592.
- Hirsch, Erwin: Pascher, A., Flagellaten und Rhizopoden in ihren gegenseitigen Beziehungen. S. 74.
- Honigmann, H. L.: Kammerer, Paul, Das Gesetz der Serie. S. 814.
- Jensen, Paul: Ziegler, H. E., Ein Lehrbuch der naturwissenschaftlichen Vererbungslehre (Originalaufsatz). S. 519, 821.
- Kienle, H.: Wiedemann, E., und F. Hauser, Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen. S. 146.
- Koenig, A.: Mache, Heinrich, Die Physik der Verbrennungserscheinungen. S. 715.
- Koppel, J.: Auerbach, Felix, Das Wesen der Materie. S. 463.
- Küster, E.: Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. S. 643.
- Meißner, A.: Wiesent, J., Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie und ihre physikalischen Grundlagen. S. 464.
- Merté, W.: Weiser, M., Medizinische Kinematographie. S. 479.
- Meyerhof, Otto: Winterstein, Hans, Die Narkose. S. 773.
- Müller, L. R.: Nocht, B., und M. Mayer, Die Malaria. S. 776.
- Paneth, Fritz: Heinrich, Ferdinand, Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe. S. 192.
- Poppenberg, O.: Stettbacher, A., Die Schieß- und Sprengstoffe. S. 796.
- Pringsheim, E. G.: Ernst, A., Bastardierung als Ursache der Apogamie. S. 591.
- Morton, F., Wasserpflanzen. S. 643.
- Schallmeyer, W., Vererbung und Auslese, Grundriß der Gesellschaftsbiologie und der Lehre vom Rassedienst. S. 643.
- Pringsheim, H.: Ereky, Karl, Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe. S. 112.
- Reh, L.: Friederichs, K., Studien über Nashornkäfer als Schädlinge der Kokospalme. S. 900.
- Reiche, F.: Bloch, W., Einführung in die Relativitätstheorie. S. 509.
- Reichenbach, Hans: Sterzinger, Othmar, Zur Psychologie und Naturphilosophie der Geschicklichkeitsspiele. S. 644.
- Rohr, M. v.: Die Entwicklung der Brille VI. S. 209.
- Rona, P.: Höber, Rudolf, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. S. 776.
- Schalow, H.: Hoffmann, Bernhard, Führer durch die Vogelwelt zum Beobachten und Bestimmen der häufigsten Arten durch Auge und Ohr. S. 93.
- Schlick, M.: Kraus, Oskar, Franz Brentano. S. 463.
- Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik (Selbstanzeige). S. 463.
- Schmiedel, K.: Gumlich, Ernst, Leitfaden der magnetischen Messungen. S. 461.
- Seeliger, R.: Lenard, P., Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten (Originalaufsatz). S. 443.

- Steche, O.: Die Kultur der Gegenwart. Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie. S. 812.
- Stellwaag, F.: Der Flug der Insekten und Vögel. S. 162.
- Stüring, R.: Wenger, Robert, Die Vorherbestimmung des Wetters. S. 75.

- Wittmann, J.: Müller, Alois, Die Referenzflächen des Himmels und der Gestirne. S. 655.
- Zimmer, C.: Steche, Otto, Grundriß der Zoologie. S. 815.
- Zsigmondy, R.: Bechhold, H., Die Kolloide in Biologie und Medizin. S. 901.

Referate über Abhandlungen in Zeitschriften¹⁾.

Biologisches.

- Aron, Hans: Über den Nährwert (Biochem. Ztschr. Bd. 92, 1918). S. 819.
- Baerthlein: Über bakterielle Variabilität (Zentralbl. f. Bakt. 1. Abt. 81, 1918). S. 193.
- Bordage, E.: Über histolytische Vorgänge, beobachtet während der Regeneration der Anhängen bei gewissen Orthopteren (Comp. Rend. Bd. 161, 1915). S. 15.
- Boresch, K.: Über die Einwirkung farbigen Lichts auf die Färbung der Cyanophyceen (Ber. d. D. Bot. Ges. 37, 1919). S. 759.
- Bounhiol, J., und L. Pron: Ein Fall von vollständigem, doppelseitigem und gleichzeitig funktionierendem Hermaphroditismus bei *Chrysophrys aurata* (Compt. Rend. Bd. 162, 1916). S. 16.
- Bouygues, H.: Über das Erscheinen der Gewebe und Regionen in der Spitze des Phanerogamenstengels (Compt. Rend. Bd. 162, 1916). S. 16.
- Breslauer: Die Pathogenese der trophischen Geweschäden nach der Nervenverletzung (D. Ztschr. f. Chir. Bd. 150, H. 1 u. 2, 1919). S. 797.
- Brölemann, H. W.: Die Entwicklung der diplopoden Myriapoden (Compt. Rend. Bd. 162, 1916). S. 16.
- Buddenbrock, W. v.: Über die Funktion der Schwingkölbchen der Zweiflügler (Verh. d. Naturhist. Medizin. Ver. z. Heidelberg, N. F., Bd. 13, H. 3/4). S. 76.
- Chaussé, P.: Untersuchungen über das Bestehenbleiben des Foramen Botalli bei einigen Haustieren (Compt. Rend. Bd. 162, 1916). S. 16.
- Chiffot, I.: Über die sexuellen Variationen der Infloreszenzen und Blüten bei den kultivierten *Codiaeum*-Arten (Compt. Rend. Bd. 162, 1916). S. 16.
- Correns, C.: Die Absterbeordnung der beiden Geschlechter einer getrenntgeschlechtigen Doldenpflanze (Biol. Zentralbl. 39, 1919). S. 760.
- Czizek, Karl: Über eine Staphylinidenart aus den märkischen Höhlen (Ztschr. f. wiss. Insektenbiol. Bd. 14, H. 3/4). S. 76.
- Demoussy, E.: Der Einfluß des Wasserstoffsuperoxyds auf die Keimung (Compt. Rend. Bd. 162, 1916). S. 16.
- Elze, C.: Zur allgemeinen Entwicklungsgeschichte des Blutgefäßsystems (Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 92). S. 818.
- Frisch, K. v.: Zur Streitfrage nach dem Farbensinn der Bienen (Biol. Zentralbl. Bd. 39, Nr. 3, März 1919). S. 433.
- Gildemeister, M.: Abhängigkeit der oberen Hörgrenze vom Lebensalter (Ztschr. f. Sinnesphysiol. Bd. 50, S. 161, 253, 1918). S. 229.
- Guignard, J.: Über Pollenbildung (Compt. Rend. Bd. 162, 1916). S. 16.
- Haberlandt, G.: Mikroskopische Untersuchungen zur Zellwandverdauung (Beitr. z. allg. Bot. 1. 1919). S. 515.
- Kulturversuche mit weißen Blutzellen des Frosches (Ztschr. f. Biol. Bd. 69, S. 275—292, 1918). S. 779.
- Hagmeier: Helgolands Hafen im Dienste der Fischereibiologie (Fischerboote, Jg. 11, Nr. 8). S. 798.
- Hamburger, H. J., und D. J. de Waard: Einfluß der radioaktiven Substanzen auf die Permeabilität der Niere für Glukose (Compt. Rend. Bd. 165, 1917). S. 80.
- Hartmann, Otto: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß höherer Temperaturen auf Morphologie und Cytologie der Algen (Arch. f. Entwickl.-mech. d. Organism. Bd. 44, H. 3/4, S. 590—642). S. 127.
- Haupt, H.: Der geminderte Nährwert der gebräuchlichsten Nahrungsmittel und sein Einfluß auf unsere Ernährungslage (Chemiker-Ztg. Jg. 43, H. 34 u. 35/36, 1919). S. 500.
- Heckel, E.: Über die Übertragung der Wirkung der Kastration auf Maisstengel durch Samen (Compt. Rend. Bd. 161, 1915). S. 15.
- Hoffmann, G. v.: Rassenhygiene in Ungarn (Arch. f. Rassen- u. Gesellschaftsbiol. Bd. 13, H. 1, 1918). S. 64.
- Joseph, H.: Ein *Gonionemus* aus der Adria (Akad. d. Wiss., Wien, math.-naturw. Klasse, Akadem. Anz. Nr. 2; math.-naturw. Klasse Abt. I, Bd. 127, H. 2 u. 3, 1918). S. 939.
- Einige Beobachtungen an Coelenteraten: 1. Erwägungen über die Stellung von *Gonionemus vindobonensis* (Verh. d. Zool.-bot. Ges. in Wien S. 251—252, 1918). S. 939.
- Issekutz: Narkose und Sauerstoffverbrauch (Biochem. Zeitschr. Bd. 88, S. 219—231, 1918). S. 127.
- Kahn, R. H.: Ein neues Geschlechtsmerkmal bei den Fröschen, seine anatomische Grundlage und seine biologische Bedeutung (Zool. Anz. Bd. 50, Nr. 6/7, 1919). S. 416.
- Knoche, E.: Beobachtungen über das Familienleben der Feldmäuse—(Arb. a. d. Kais. Biol. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft. Bd. 9, H. 3). S. 77.
- Kremers, Edward: Ein neuartiges osmotisches Experiment (Science vom 2. 12. 1918). S. 337.
- Krizenecky, Jaroslav: Über das Verhalten lebender Froscheier und Froschlarven im destillierten Wasser (Arch. f. Entwickl.-mech. d. Organism. Bd. 42). S. 249.
- Die Regenerationsfähigkeit der Seeigelstacheln (Arch. f. Entwickl.-mech. d. Organism. Bd. 42). S. 249.
- Ein Versuch zur statisch-graphischen Untersuchung und Analyse der zeitlichen Eigenschaften der Regenerationsvorgänge (Arch. f. Entwickl.-mech. d. Organism. Bd. 42). S. 337.

¹⁾— Außer den in der „Zeitschriftenschau“ enthaltenen.

- Lebedinsky, N. G.: Darwins geschlechtliche Zuchtwahl und ihre arterhaltende Bedeutung (Vortrag, Helbing & Lichtenhahn, Basel 1918). S. 501.
- Löffler, B.: Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration des Gipfels und Kontaktempfindlichkeit bei Windepflanzen (Ber. d. D. Bot. Ges. 37, 1919). S. 759.
- Loew, Oscar: Über die Bedeutung des Kalkes für Mensch und Säugetier (Naturwiss. Ztschr. f. Land- u. Forstwirtschaft, Jahrg. 16, H. 9/10). S. 77.
- Lucanus, F. von: Die Richtung des Wanderfluges der Zugvögel Europas nach den Ergebnissen des Ringversuchs (Vortrag a. d. Jahresvers. d. D. Ornithol. Ges.). S. 12.
- Montfort: Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen (Ztschr. f. Bot. 10, 1918). S. 95.
- Murbeck: Über staminale Pseudapetalie und deren Bedeutung für die Frage nach der Herkunft der Blütenkrone (Lunds Univ. Årsskr. 11, 1918). S. 759.
- Neuberg, C., und M. Ringer: Die Entstehung der Bernsteinsäure bei der alkoholischen Gärung (Biochem. Ztschr. Bd. 71 u. Bd. 91). S. 819.
- Paal, A.: Reizleitung (Jahrb. f. wiss. Bot. 58, 1918). S. 194.
- Raunkiaer, C.: On leaf time in the descendants from beeches with different leaf times (Bot. Tidskr. 36, 1918). S. 516.
- Über die verhältnismäßige Anzahl männlicher und weiblicher Individuen bei *Rumex thyrsiflorus* (Kgl. Dansk. Vidensk. Selsk. Biol. Meddel. I, 1918). S. 516.
- Roule, L.: Über die Laichwanderungen der Seeforelle (Compt. Rend. Bd. 163, 1916). S. 32.
- Ruzicka: Lehre vom morphologischen Metabolismus (Arch. f. Entwickl.-mech. d. Organism. Bd. 42). S. 229.
- Schmidt, Hugo: Zur Biologie von *Subcoecina* 24 punctata L. (Ztschr. f. wiss. Insektenbiol. Bd. 14, H. 3/4). S. 76.
- Schmidt, W. J.: Vollzieht sich Ballung und Expansion des Pigmentes in den Melanophoren von *Rana* nach Art amöboider Bewegungen oder durch intrazelluläre Körnchenströmung? (Biol. Zentralbl. 39, Nr. 3, S. 140—144, 1919). S. 417.
- Schrage, R.: Aus dem Leben verkannter Tiere, ein Schwarzer mit dem Glorienschein (Ztschr. f. Jagd- u. Forstwesen, Jg. 51, April 1919). S. 417.
- Sée, P.: Über Schimmelbildungen, die Veränderungen im Papier hervorrufen (Compt. Rend. Bd. 164, 1917). S. 80.
- Stark, P.: Über die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes bei den haptotropischen Reaktionen (Jahrb. f. wiss. Bot. 58, 1918). S. 517.
- Stieve, H.: Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene Rückbildungsvorgänge am Eierstock des Haushuhnes (Archiv f. Entwickl.-mech. d. Organism. Bd. 44, H. 3/4). S. 94.
- Szalay, B.: Der Wisent und Buffalo in modernen Tiergärten (Zoolog. Beob. Jahrg. 59, Nr. 5/6). S. 75.
- Toldt, K. jun.: Über die Gabelbildungen und die Eissprosse des Edelhirschgeweihs (Verhandl. d. k. k. zoolog.-botan. Ges. Wien, S. 68—95, 1918). S. 64.
- Toldt, K. jun.: Bemerkungen über einen Fetus von *Hippopotamus amphibius* L. und über einen 9 Monate alten *Elephas maximus* L. (Zool. Anz. Bd. 50, H. 3/4, 1918). S. 418.
- Ursprung, A., und G. Blum: Besprechung unserer bisherigen Saugkraftmessungen (Ber. d. D. Bot. Ges. 36, 1918). S. 515.
- Zlocisti, Theodor: Die Beziehungen des Gruber-Widal zum Fleckfieber und zur Weil-Felix-Reaktion (3. Beil. z. Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. Bd. 22, S. 1—88). S. 218.

Nichtbiologisches.

- Adams und Joy: Liste von 37 Sternen mit großer Radialgeschwindigkeit (> 80 km) und bekannter Eigenbewegung und Parallaxe (Astrophys. Journ., April). S. 800.
- Spektroskopische Bahnen von Bedeckungsveränderlichen (Astrophys. Journ. 49, 189). S. 800.
- Allner: Eine Verbesserung des Gasglühlichtes (Journ. f. Gasbeleucht. Bd. 60, S. 440—466). S. 96.
- Balland, M.: Über einige Versuche der Brotbereitung mit Rücksicht auf die Fortdauer des Krieges (Compt. Rend. Bd. 164, 1917). S. 80.
- Barnard: Über Eigentümlichkeiten der Nova Aquilae 3 (Astrophys. Journ. 49, S. 199). S. 680.
- Behrmann, W.: Die Landschaften Rumäniens (Ztschr. d. Ges. f. Erdk., Berlin, H. 1/2, 1919). S. 626.
- Beroth, A.: Die Erdgestalt und die Hauptträgheitsmomente A und B der Erde im Äquator aus Messungen der Schwerkraft (Gerlands Beitr. z. Geophysik Bd. 14, Heft 3). S. 434.
- Bjerknes, V.: Wettervorhersage (Meteorol. Ztschr. Bd. 36, S. 68—75). S. 450.
- Block, H. G.: Über eine Differentialgleichung des Problems der Rotation der Himmelskörper (Lunds Medd. Nr. 89). S. 466.
- Böttger, W.: Fadenförmige Kristalle von metallischem Wolfram (Ztschr. f. Elektroch. 23, S. 121 bis 126, 1917). S. 48.
- Bramson, K.: Die Fabrikation von Papierteig aus dürrtem Laub (Compt. Rend. Bd. 166, 1918). S. 126.
- Burmester, Ludwig: Konstruktionen der Diagramme der Geschwindigkeit und Beschleunigung des Films bei der ruckweisen Bewegung mittels des Malteserkreuzrades im Kinematographen (Sitz.-Ber. d. Bayer. Akad. d. Wiss. S. 43, 1919). S. 817.
- Caro: Über die rationelle Ausnutzung der Brennstoffe (Chemiker-Ztg. Jg. 41, S. 393—395). S. 817.
- Charlier, C. V. L.: Statistische Untersuchungen der Sternhaufen (Lunds Medd. Serie II, Nr. 19). S. 465.
- Statistische Untersuchungen über das Fixsternsystem (Meddel. fr. Lunds astr. obs. Nr. 67, 68, 75, 76, 77; Ser. II Nr. 14). S. 232.
- Cohn, F.: Neues Mitglied der Jupitergruppe der kleinen Planeten (Astr. Nachr. 4989). S. 531.
- Czocharski, J.: Methode zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit an metallischen Schmelzflüssen (Ztschr. f. phys. Chem. 92, S. 219—221, 1917). S. 48.
- Dittler, E.: Adsorptionen von Schwefelsäure an Gelen des Eisenhydroxyds und die Bildung kolloidalen Schwefels aus Sulfiden (Koll.-Ztschr. 21, S. 27—28, 1917). S. 48.

- Einstein, A.: Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie (Sitz.-Ber. d. Preuß. Akad. 1917). S. 232.
- Eitel, W.: Ergänzende Mitteilung zu den Untersuchungen über die Gleichgewichte in polynären Systemen (Ztschr. f. anorg. Chemie 103, S. 253 bis 255, 1918). S. 47.
- Statistische Diagramme über die Zusammensetzung der Mineralien der Epidotgruppe (Neues Jahrb. f. Miner. Bd. 42, S. 173—222, 1917; S. 223—271, 1918). S. 47.
- Fischer, Franz, und H. Gröppel: Über den Karbolsäuregehalt deutscher Steinkohlenteere (Ztschr. f. angew. Chemie Jg. 30, Bd. 1, S. 76—78). S. 231.
- Fließner: Ein neuer Schlagwetteranzeiger (Bergbau-u. Hütte 2. Jg., S. 275). S. 778.
- Fränkel, W.: Stangen und Drähte aus Zink (Ztschr. f. Elektrotech. Bd. 23, S. 302—304, 1917). S. 48.
- Graff: Veränderliche vom δ -Cephei-Typus mit sehr kurzer Periode (Astr. Nachr. Nr. 4992). S. 680.
- Graff und Küstner: Pfeilstern im Ophiuchus (Astr. Nachr. 4989). S. 530.
- Gröppel, H.: Eine neue Form der Kohlenuntersuchung (Chem.-Ztg. Jg. 41, S. 431—434). S. 249.
- Gruner, P.: Quantentheoretische Beziehungen im Planetensystem (Physik. Ztschr. 1919). S. 820.
- Guthnick, P.: Betrachtung zum δ -Cephei-Problem (Astr. Nachr. 208, 171). S. 466.
- Gyllenberg, W.: Die Reduktion der astrophotographischen Platten (Meddel. fr. Lunds astr. obs. Serie II, Nr. 18). S. 338.
- Statistische Untersuchung der Bewegung und Verteilung der langperiodischen Veränderlichen (Meddel. fr. Lunds astr. obs. Nr. 90). S. 338.
- Die Theorie des Äquatorials (Meddel. fr. Lunds astr. obs. Nr. 72, S. 86 u. 88). S. 338.
- Häberle, D.: Beobachtungen über das Wachstum von Stalaktiten (Mitt. üb. Arb. a. d. Geol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Neue Folge 28, 1918). S. 660.
- Hassert, K.: Über den Bildungswert der Wirtschafts- und Verkehrsgeographie (Vortr. vom 5. Febr. im Zentralinst. f. Erzieh. u. Unterr. in Dresden). S. 270.
- Hellmann, G.: Über die nächtliche Abkühlung der bodennahen Luftschicht (Sitz.-Ber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss., phys.-math. Klasse, S. 806, 1918). S. 32.
- Neue Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Deutschland (Sitz.-Ber. d. Preuß. Akad. d. Wiss., Phys.-Math. Klasse, S. 417—432, 1919). S. 483.
- Hertzprung, E.: Vergleichung der Flächenhelligkeiten von Ring und Zentralkörper des Saturn (Astr. Nachr. 4974). S. 502.
- Berechnung der Sonnengeschwindigkeit aus den Radialgeschwindigkeiten von Sternen mit sehr kleiner Eigenbewegung (Astr. Nachr. 208, 183). S. 532.
- Ergebnis von photographischen Helligkeitsmessungen an dem Bedeckungsveränderlichen VV Orionis (Publ. d. Astrophys. Observat. zu Potsdam Nr. 73). S. 996.
- Photographisch-Spektralphotometrische Größen von Hyadensternen (Astr. Nachr. Nr. 5000). S. 1016.
- Hnatek: Eine neue Bestimmung der Periode und Bahnelemente des interessanten spektroskopischen Systems ξ^1 Ursae majoris (Astr. Nachr. 4996). S. 995.
- Höfer: Über die Beziehungen zwischen Steinkohle und Erdöl (Österr. Chem.-Zeitg. Bd. 19, S. 231—234). S. 79.
- Höhn, E.: Walliser Anthrazit (Schweiz. Bauztg. Bd. 70, S. 71—73). S. 777.
- Hübner, E., und O. Meißner: Isostatische Reduktion von 34 Stationen, ausgeführt im Geodätischen Institut (Astr. Nachr. Bd. 207, 1918). S. 418.
- Hull, A. W.: A new Method of X-Ray Crystal-Analysis (Phys. Rev. N. S. X p. 661, 1917). S. 718.
- Jänecke, E.: Minerogenetische Verhältnisse in den Ablagerungen der Kalisalzvorkommen (Ztschr. f. anorg. Chem. 102, S. 41—65, 1918; 103, S. 1 bis 54, 1918). S. 245.
- Schmelzen von kristallwasserhaltigen Kalisalzen (Kali Bd. 10, S. 371—375, 1916; Bd. 11, S. 10—13 und 21—26, 1917). S. 245.
- Jakob, Fritz: Vergleichende Versuche über die Wirkung verschiedener Obsterhaltungsmittel (Chem.-Ztg. S. 746/47, 1917). S. 79.
- Kármán, v., und Trefftz: Ein erweitertes Verfahren zur Berechnung der Strömung um Tragflügelquerschnitte (Ztschr. f. Flugt. u. Motorl. S. 11, 1918). S. 215.
- Kaßner, C.: Sehr dichte Niederschläge (Meteorol. Ztschr. S. 125—132, 1919). S. 816.
- Kienle, H.: Untersuchungen über Pendeluhrren (Ann. d. Sternw. z. München Bd. 5, H. 2). S. 466.
- Klußmann, Walter: Über das Innere der Erde (Gerlands Beitr. z. Geophysik Bd. 14, Heft 1). S. 434.
- Kobold, H.: Kometenerscheinungen des Jahres 1918 (Vierteljahrsschr. d. Astr. Ges. Jg. 54, H. 1 u. 2). S. 840.
- Kossel, W.: Die Zusammensetzung des Atomkerns (Phys. Ztschr., Juni 1919). S. 659.
- Kostinsky, S.: Der schnellste Fixstern (Astr. Nachr. Bd. 208, 36). S. 127.
- Kozicki, von: Verwertung der Wöllaner Braunkohle (Bergbau u. Hütte 2. Jahrg., S. 293—296). S. 482.
- Kunz, Jakob, und Joel Stebbins: Das Ergebnis einer lichtelektrischen Bestimmung der Helligkeit der Sonnenkorona während der totalen Sonnenfinsternis am 8. Juni 1918 (Astrophys. Journ. Bd. 49, Nr. 3). S. 839.
- Lichtenstein, L.: Zur Theorie der Gleichgewichtsfiguren rotierender homogener Flüssigkeiten (Math. Ztschr. Bd. 1 und Berl. Sitz.-Ber. 1918). S. 502.
- Marcusson: Die technischen Cumaronharze (Chem.-Ztg. Jg. 43, Nr. 23/24, 28, 31, 1919). S. 738.
- Miethe, A.: Astronomische Silberglasspiegel durch einen gasdichten Überzug vor den Einflüssen der Feuchtigkeit und der stets in der Luft von Arbeitsräumen vorhandenen Spuren von Schwefelverbindungen zu schützen (Astr. Nachr. 4974). S. 485.
- Möller, W.: Rhythmische Diffusionsstrukturen in Gelatine-Salz-Gallerten (Koll.-Ztschr. 22, S. 155 bis 163, 1918). S. 80.
- Müller, W. J., und J. Königsberger: Hydrothermale Mineralbildung (Ztschr. f. anorg. Chem. 104, S. 1 bis 26, 1918). S. 244.

- Nacken, R.: Untersuchung über die Grenzen der Mischkristallbildung zwischen Kochsalz und Sylvin (Sitz-Ber. d. Preuß. Akad. d. Wiss., S. 192 bis 200, 1918). S. 46.
- Niggli: Bestimmung der Struktur von Kristallen komplizierter Verbindungen (Physik. Ztschr. 19, S. 225—234, 1918). S. 246.
- Paal, C.: Die Oxydation des Kohlenoxyds in Gegenwart von kolloidalem Platin, Iridium und Osmium (Ber. d. D. Chem. Ges. Bd. 49, S. 548—560). S. 216.
- Parkhurst: Purkinje-Effekt der photographischen Platten (Astrophys. Journ. 49, S. 203). S. 680.
- Penck, Walther: Der Bolson von Flambala und seine Gebirgsrandung [Südrand der Puna de Atacama] (Ztschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin, H. 5/6, 1918). S. 627.
- Peppler, Albert: Untersuchungen über die Geschwindigkeit und Böigkeit des Windes (Das Wetter, S. 165, 1918). S. 337.
- Pfeiffer, P.: Die Koordinationslehre in ihrem Zusammenhang mit den neueren Ergebnissen der Forschung über die Kristallstruktur (Ztschr. f. anorg. Chem. 97, S. 161—174, 1916). S. 247.
- Plaskett: Der 72-zöllige Reflektor des Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, Canada (Astrophys. Journ., Mai 1919). S. 660.
- Pollak, V.: Druckhaftigkeit und Bodenbeweglichkeit der Tongesteine (Koll.-Ztschr. 20, S. 33—39, 1917). S. 80.
- Puchner, H.: Zustandekommen und die Eigenschaften von Bodenausblühungen (Koll.-Ztschr. 20, S. 209—238, 1917). S. 48.
- Putz, H.: Über die bayerische Graphitindustrie (Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt, S. 21—25, 1917). S. 699.
- Rebitzki und Geisler: Eine neue deutsche Nordpol-expedition (Petersmanns Mitt., Jan.-Febr.-Heft. 1919). S. 628.
- Reichenbach, Hans: Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit (Ztschr. f. Phil. u. phil. Kritik Bd. 161, 1917). S. 482.
- Richardson, Clifford: Das Wesen und der Ursprung von Petroleum und Asphalt (Koll.-Ztschr. 20, S. 118—122, 1917). S. 80.
- Richardson, H. W.: The Northeastern Minnesota forest of october 12, 1918 (Geographical Review Bd. 7, S. 220—232, 1919). S. 922.
- Richt, Ch. und H. Cardot: Der Einfluß kurzer und schwacher Temperaturerhöhungen auf den Verlauf von Gärungen (Compt. Rend. Bd. 163, 1916). S. 32.
- Rosenkranz, Johanna: Beziehungen zwischen den Schwankungen des Klimas und der Produktion in Australien (Mitt. d. Geogr. Ges. in Hamburg Bd. 31, S. 111—182). S. 719.
- Rothmund, V., und Gertr. Kornfeld: Gleichgewichte beim Austausch der Basen im Permutit (Ztschr. f. Elektroch. 23, S. 173—177, 1917; Zeitschr. f. anorgan. Chem. 103, S. 129—163, 1918). S. 244.
- Russig, F.: Die Industrie der Nebenprodukte und ihre Beziehungen zur Kohlenvergasung. S. 14.
- Schott, G.: Geographie des persischen Golfes und seiner Randgebiete (Mitt. d. Geogr. Ges. in Hamburg Bd. 31, 1918). S. 595.
- Schottky, W.: Elektronendampfprobleme (Physik. Ztschr. 20, S. 49—51 u. 220—228, 1918). S. 595.
- Schweydar, Wilhelm: Die Bedeutung der Drehwage von Eötvös für die geologische Forschung nebst Mitteilung einiger Ergebnisse (Ztschr. f. prakt. Geol. Jg. 26, H. 11, 1918). S. 484.
- Zur Erklärung der Bewegung der Rotationspole der Erde (Sitz-Ber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. 1919). S. 799.
- Slipher: Die Wellenlänge der grünen Nordlichtlinie (Astrophys. Journ. Bd. 49, H. 4). S. 612.
- Steinmetz und Crosby Field: Oxydhaut-Überspannungsableiter (Proc. Am. Inst. El. Eng. S. 541 und 551, 1918; Gen. El. Rev. S. 590 u. 597, 1918). S. 368.
- Stoklasa, G.: Ist in den Zeolithen das Wasser chemisch gebunden oder nur in physikalischer Anlagerung enthalten (Neues Jahrb. f. Miner. Bd. 42, S. 1—64, 1918). S. 243.
- Stracke, G.: Zusammenstellung der Planetenentdeckungen in dem Zeitraum vom 1. Juli 1917 bis 30. Juni 1918 (Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. Jg. 54, H. 1 u. 2). S. 840.
- Strehlenert: Herstellung künstlicher Kohle in Norwegen (Ztschr. f. angew. Chemie). S. 96.
- Süring, R.: Über Neigungen von Wolkenschichten (Sitz-Ber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss., phys.-math. Klasse, S. 814, 1918). S. 31.
- Swensson, Torsten: Lichtelektrische Untersuchungen an Salzlösungen (Inauguraldiss. Allg. chem. Laborat. d. Hochsch. Stockholm). S. 777.
- Tamman, G.: Die Natur der Mischkristalle mit anomaler Doppelbrechung (Nachr. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Klasse, 1917). S. 47.
- Taylor, Griffith: Air routes to Australia (Geographical Review Bd. 7, S. 256—261, 1919). S. 922.
- Tertsch, H.: Die Kristallstruktur des Calcits (Tscherm. Mineral.-Petrogr. Mitt. 34, S. 1—22, 1917). S. 247.
- Traube, W., und W. Passarge: Über Reduktionen mittels Chromoxydsalzen (Ber. d. D. Chem. Ges. Bd. 49, S. 1692—1700). S. 700.
- Tscherning, M.: Ein Helligkeitsmaß und Bemerkungen über das Sehen bei schwacher Beleuchtung (Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab Mathematisk-fysiske, Meddelelser I, 10, 1918). S. 214.
- Mittel zur Prüfung von Brillengläsern und von optischen Systemen im allgemeinen (Kopenhagen 1918). S. 593.
- Ubbelohde, L., und R. Anwandter: Zur Kenntnis der Bunsenflamme im Unterdruck (Journ. f. Gasbeleucht. Bd. 60, S. 225—232, 242—246, 268—273). S. 79.
- Uhlig, Carl: Mesopotamien (Ztschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin, H. 6, 7 u. 8, 1917). S. 625.
- Végar, L.: Die Entstehung der Hochfrequenzspektren und der Aufbau der Atome (Phil. Mag. (6) 35, S. 293, 1918). S. 30.
- und H. Schjelderup: Kristallstruktur des Alauns (Ann. d. Physik S. 146—164, 1917). S. 246.
- Vogt, J. H. L.: Wie Outokumpu, Finnlands neue Kupfererzlagerstätte, entdeckt wurde (Ztschr. f. prakt. Geol. H. 2, 1919). S. 596.
- Voigt, W.: Resultate der geometrischen Strukturtheorie (Physik. Ztschr. 19, S. 237—247, 331—343, 446—462, 1918). S. 245.

- Walker, Miles: Die Speisung einphasiger Stromverbraucher aus Drehstromnetzen (London Electrician, S. 682 u. 710, 1918). S. 126.
- Wanach, B.: Verlauf der Polbewegung während des Jahres 1917 (Astr. Nachr. 4969). S. 517.
- Weber, H. A.: Über spät- und postglaziale Ablagerungen in der Wyhraniederung (Abh. d. nat. Vers. Bremen 29, 1918). S. 516.
- Weigert, Fritz: Untersuchung der phototropen Eigenschaften des β -Tetrachlor- α -Ketonaphthalins (Ztschr. f. Elektroch. 24, S. 222–237, 1918). S. 247.
- Weldert, R., und B. Bürger: Beiträge zur Anwendung des Chlors bei der Desinfektion von Wasser und Abwasser (Journ. f. Gasbeleucht. Bd. 60, S. 478–479). S. 230.
- Wilsing, J.: Veränderungen der Helligkeitsverteilung im Spektrum der Nova Aquilae (Astr. Nachr. 4981). S. 486.
- Effektive Temperaturen von 199 helleren Sternen (Publ. d. Astrophys. Observat. zu Potsdam Nr. 74). S. 995.
- Wolf, H.: Die Schwerkraft auf dem Mittelländischen Meere und die Hypothese von Pratt (Gerlands Beitr. z. Geophysik Bd. 14, H. 3, 1916). S. 484.
- Wolf, M.: Photographische Durchmusterung der Eigenbewegungen der Fixsterne (Astr. Nachr. 4969, 4972, 4981, 4984). S. 517.
- Neue atmosphärische Störung (Astr. Nachr. 4992). S. 760.
- Zwei Sterne mit sehr großer Eigenbewegung (Astr. Nachr. 4990). S. 760.

Zuschriften an die Herausgeber und vorläufige Mitteilungen.

- Baerwald, H., Bemerkungen zur Kurve der Atomvolumina. S. 694, 994.
- Baschin, O., Die psychologische Erklärung der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes. S. 510.
- Das Gleitflächengesetz. S. 816.
- Demoll, R., Der Flug der Insekten und der Vögel. S. 480.
- Ehrenhaft, F., und D. Konstantinowsky, Die Erscheinungen an einzelnen radioaktiven Probekörpern der Größenordnung 10^{-4} – 10^{-5} cm. S. 695.
- Einstein, A., Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie. S. 776.
- Emeis, W., Eine weitere Erklärung zur Bildung von Haareis auf morschem Holz. S. 124.
- Freund, Ludwig, Futtertiere des Maulwurfes. S. 994.
- Freundlich, Erwin, Bemerkung zu meinem Aufsatz: Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie. S. 696.
- Gehrcke, E., Berichtigung zum Dialog über die Relativitätstheorien. S. 147.
- Hahn, Otto, und Lise Meitner, Über das Protactinium und die Frage nach der Möglichkeit seiner Herstellung als chemisches Element. S. 611.
- Hartmann, J., Lichtmessungen an Planetenscheiben. S. 112, 147.
- Heller, Hans, Kristallmutationen. S. 29.
- Hoff, Wilh., Bemerkungen zu den Demollschen Äußerungen. S. 732.
- Johnsen, A., Erwiderung. S. 30.
- Kohlshütter, Arnold, Der innere Aufbau der Sterne. Berichtigung. S. 270.
- Landé, A., Das Serienspektrum des Heliums. S. 269.
- Paneth, Fritz, Über Wismutwasserstoff und Zinnwasserstoff. S. 482.
- Pohl, R., Über die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes. S. 415.
- Richarz, F., Zur Sichtbarkeit der Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus. S. 61.
- Roth, W., Das Gesetz der Proportionalität von träger und schwerer Masse. S. 416.
- Stettbacher, A., Wie ist das körperliche Wärmegefühl, die schweißtreibende Hitze bei schneller Niederfahrt aus großen Höhen zu erklären? S. 936.
- Swinne, R., Zum Ursprung der durchdringenden Höhenstrahlung. S. 529.
- Vageler, P., Zur Theorie der Erregungsleitung im Nervensystem. S. 934.
- Weickmann, L., Wolkenbildung durch ein Flugzeug. S. 625.
- Wolf, Kuno, Einiges über unsere Torfmoore. S. 815.
- Zweifel, Fritz, Die psychologische Erklärung der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes. S. 937.

Kleine Mitteilungen.

- Abkühlung, Nächtliche — der Luft am Boden. S. 32.
- Absterbeordnung der beiden Geschlechter einer getrenntgeschlechtigen Doldenpflanze. S. 760.
- Adria, Die Besiedelungsgeschichte der — im Lichte der neueren Bearbeitung der Zehnfüßigen Krebse. S. 938.
- Die pazifische und atlantische Medusengattung Gonionemus in der —. S. 938.
- Aequatorial, Die Theorie des —. S. 338.
- Akademiestreit, Der — zwischen Geoffroy St. Hilaire und Cuvier im Jahre 1830. S. 497.
- Alaun, Kristallstruktur des —. S. 246.
- Algen, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß höherer Temperaturen auf Morphologie und Cytologie der —. S. 127.
- Alkoholische Gärung, Die Entstehung der Bernsteinsäure bei der —. S. 819.
- — Die natürliche und erzwungene Glycerinbildung bei der —. S. 740.
- Amerika, Ungeheure Waldbrände im Westen der Vereinigten Staaten von —. S. 922.
- Anden, Neue Karten aus den —. S. 839.
- Anthrazit, Walliser —. S. 777.
- Asphalt, Wesen und Ursprung von Petroleum und —. S. 80.
- Astrophotographische Platten, Über die Reduktion der —. S. 338.
- Atmosphärische Störung, Neue —. S. 760.
- Atome, Die Entstehung der Hochfrequenzspektren und der Aufbau der —. S. 30.
- Atomkern, Die Zusammensetzung des —. S. 659.
- Australien, Beziehungen zwischen den Schwankungen des Klimas und der Produktion in —. S. 719.
- Luftverkehrswege nach —. S. 922.
- Autoführer, Psychologie der —. S. 250.
- Bakterielle Variabilität. S. 193.
- Ballistischer Trabant der Erde. S. 250.
- Ballonstoffe, Gasdurchlässigkeit von —. S. 180.

- Bedeckungsveränderliche, Spektroskopische Bahnen von —. S. 800.
- Beeches, On leaftime in the descendants from — with different leaftimes. S. 516.
- Bernsteinsäure, Die Entstehung der — bei der alkoholischen Gärung. S. 819.
- Bienen, Zur Streitfrage nach dem Farbensinn der —. S. 433.
- Blütenkrone, Über staminale Pseudopetalie und deren Bedeutung für die Frage nach der Herkunft der —. S. 759.
- Blutgefäßsystem, Zur allgemeinen Entwicklungsgeschichte des —. S. 818.
- Blutzellen, weiße, Kulturversuche mit — des Frosches. S. 779.
- Bodenausblühungen, Zustandekommen und Eigenschaften von —. S. 48.
- Böigkeit, Untersuchungen über die Geschwindigkeit und — des Windes. S. 337.
- Bolson, Der — von Fiambala und seine Gebirgsrandung (Südrand der Puna de Atacama). S. 627.
- Braunkohle, Über die Verwertung der Wöllaner —. S. 482.
- Brennstoffe, Über die rationelle Ausnutzung der —. S. 817.
- Brennstoffforschung, Das englische Amt für —. S. 698.
- Brillengläser, Mittel zur Prüfung von — und von optischen Systemen im allgemeinen. S. 593.
- Brotbereitung, Über einige Versuche der — mit Rücksicht auf die Fortdauer des Krieges. S. 80.
- Buffalo, Wisent und — in modernen Tiergärten. S. 75.
- Bunsenflamme, Zur Kenntnis der — im Unterdruck. S. 79.
- δ-Cephei-Problem, Betrachtung zum —. S. 466.
- Chemische Industrie, Die Entwicklung der — Frankreichs während des Krieges. S. 271.
- Chlor, Beiträge zur Anwendung des — bei der Desinfektion von Wasser und Abwasser. S. 230.
- Chromoxydsalze, Über Reaktionen mittels —. S. 700.
- Codium-Arten, Über die sexuellen Variationen der Infloreszenzen und Blüten bei den kultivierten —. S. 16.
- Conversazione der Royal Society. S. 513.
- Cumaronharze, Die technischen —. S. 738.
- Cyanophycoen, Über die Einwirkung farbigen Lichts auf die Färbung der —. S. 759.
- Dampfturbinen, Schiffspropellerantrieb durch —. S. 272.
- Darwins geschlechtliche Zuchtwahl und ihre art-erhaltende Bedeutung. S. 501.
- Deklination, Die erdmagnetische — in Deutschland. S. 335.
- Depression, Schwankungen in der — des Horizonts. S. 336.
- Desinfektion, Beiträge zur Anwendung des Chlors bei der — von Wasser und Abwasser. S. 230.
- Diamanten, Bruchstücke von —. S. 195.
- Doppelbrechung, anomale, Die Natur der Mischkristalle mit —. S. 47.
- Doppelstern ζ Ursae majoris. S. 517.
- Drehstromnetze, Die Speisung einphasiger Stromverbraucher aus —. S. 126.
- Drehwage, Die Bedeutung der — von Eötvös für die geologische Forschung nebst Mitteilung einiger Ergebnisse. S. 484.
- Edelhirschgeweih, Über die Gabelbildungen und die Eissprosse des —. S. 64.
- Eierstock, Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene Rückbildungsvorgänge am — des Haushuhns. S. 94.
- Eisen- und Stahlerzeugung, Forschungsinstitut für Fragen der —. S. 353.
- Elektronendampfprobleme. S. 595.
- Empfindungslosigkeit, völlige, Ein Fall von fast —. S. 354.
- Engerlinge, Frißt der Maulwurf —? S. 417.
- England, Gewinnung von Mineralöl in —. S. 819.
- Englisches Amt für Brennstoffforschung. S. 698.
- Eötvös, Roland von †. S. 352.
- Epidotgruppe, Statistische Diagramme über die Zusammensetzung der Mineralien der —. S. 47.
- Erde, Über das Innere der —. S. 434.
- Zur Erklärung der Bewegung der Rotationspole der —. S. 799.
- Erdgestalt, Die — und die Hauptträgheitsmomente A und B der Erde im Äquator aus Messungen der Schwerkraft. S. 434.
- Erdöl, Über die Beziehungen zwischen Steinkohle und —. S. 79.
- Farbensinn, Ein Psychologe zu dem Heß-Frischischen Streite über den — der Tiere. S. 417.
- Zur Streitfrage nach dem — der Bienen. S. 433.
- Fastebenen, Über verschiedene Umbildungsreihen in der Entwicklung von —. S. 736.
- Feldmäuse, Beobachtungen über das Familienleben der —. S. 77.
- Fiambala, Der Bolson von — und seine Gebirgsrandung. (Südrand der Puna de Atacama). S. 627.
- Fieberrinde. S. 353.
- Findlinge — als biogeographischer Begriff. S. 942.
- Fischereibiologie, Helgolands Hafen im Dienste der —. S. 798.
- Fixstern, Der schnellste —. S. 127.
- Photographische Durchmusterung der Eigenbewegungen der —. S. 517.
- Fizeau. S. 697.
- Flammenfärbungen, Wohlfeiler Platindraht-Ersatz zur Erzeugung von —. S. 231.
- Fleckfieber, Die Beziehungen des Gruber-Widal zum — und zur Weil-Felix-Reaktion. S. 248.
- Flug, atlantischer, über die Azoren. S. 514.
- erster direkter transatlantischer. S. 515.
- Flugwetterberichte, Tägliche —. S. 195.
- Flugzeuge, Große —. S. 336.
- Foramen Botalli, Untersuchungen über das Bestehenbleiben des — bei einigen Haustieren. S. 16.
- Forelle, See-, Über die Laichwanderung der —. S. 32.
- Foucault. S. 697.
- Frankreich, Die Entwicklung der chemischen Industrie — während des Krieges. S. 271.
- Frösche, Ein neues Geschlechtsmerkmal bei den —, seine anatomische Grundlage und seine biologische Bedeutung. S. 416.
- Frosch, Kulturversuche mit weißen Blutzellen des —. S. 779.
- Froscheier, Über das Verhalten lebender — und Froschlarven im destillierten Wasser. S. 249.
- Gärung, Der Einfluß kurzer und schwacher Temperaturerhöhungen auf den Verlauf der —. S. 32.
- Gasdurchlässigkeit von Ballonstoffen. S. 180.
- Gasfernversorgung, Die Entwicklung der —. S. 231.

- Gasglühlicht, Eine Verbesserung des —. S. 96.
 Gelatine-Salz-Gallerte, Rhythmische Diffusionsstrukturen in —. S. 80.
 Gelenkversteifungen, Die operative Behandlung von —. S. 798.
 Geometrische Strukturtheorie, Resultate der —. S. 245.
 Gerland, Georg. S. 501.
 Germany, Made in —. S. 369.
 Geschlechtsmerkmal, Ein neues — bei den Fröschen, seine anatomische Grundlage und seine biologische Bedeutung. S. 416.
 Gewebsschäden, Die Entstehung von — nach Nervenverletzung. S. 797.
 Gleichgewichtsfiguren, Zur Theorie der — rotierender homogener Flüssigkeiten. S. 502.
 Gletschertypen, Neue Systematik der —. S. 179.
 Glycerinbildung, Die natürliche und erzwungene — bei der alkoholischen Gärung. S. 740.
 Graphische Registrierung mit Hilfe eines Gasstrahles. S. 194.
 Graphitindustrie, Über die bayerische —. S. 699.
 Gruber-Widal, Die Beziehung des — zum Fleckfieber und zur Weil-Felix-Reaktion. S. 248.
 Harze, Fortschritte der Chemie der natürlichen —. S. 739.
 Haushuhn, Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene Rückbildungsvorgänge am Eierstock des —. S. 94.
 Helgolands Hafen im Dienste der Fischereibiologie. S. 798.
 Heliumsterne, Die Oriongruppe der —. S. 780.
 Helligkeit, Absolute — der Sterne. S. 449.
 Helligkeitsabnahme, Das Gesetz der allgemeinen — in der Sonnenkorona mit wachsendem Abstände vom Sonnenrande. S. 531.
 Hermaphroditismus, Ein Fall von vollständigem, doppelseitigem und gleichzeitig funktionierendem — bei *Chrysophrys aurata*. S. 16.
 Hippopotamus amphibius L., Bemerkungen über einen Fetus von — und über einen 9 Monate alten *Elephas maximus* L. S. 418.
 Histolytische Vorgänge, beobachtet während der Regeneration der Anhänge bei gewissen Orthopteren. S. 15.
 Hochfrequenzspektren, Die Entstehung der — und der Aufbau der Atome. S. 30.
 Hochkomplexe Gemische und Verbindungen als Glieder eines Vielstoffsystems. S. 47.
 Hochmoorpflanzen, Xerophytencharakter der —. S. 95.
 Höhenweltrekord des Flugzeuges. S. 180.
 Hörgrenze, Über die obere —. S. 229.
 Holztrocknung durch kalte Luft. S. 353.
 Horizont, Schwankungen in der Depression des —. S. 336.
 Hyadensterne, Photographisch-Spektralphotometrische Größen von —. S. 1016.
 Infloreszenzen, Über die sexuellen Variationen der — und Blüten bei den kultivierten *Codiaeum*-Arten. S. 16.
 Island, Die nutzbare Wasserkraft in —. S. 354.
 Isostatische Reduktion von 34 Stationen, ausgeführt im Geodätischen Institut. S. 418.
 Isostatisches Gleichgewicht der Erdkruste. S. 738.
 Jupitergruppe, Neues Mitglied der — der kleinen Planeten. S. 531.
 Kalisalze, Schmelzen von kristallwasserhaltigen —. S. 245.
 Kalisalzvorkommnisse, Minerogenetische Verhältnisse in den Ablagerungen der —. S. 245.
 Kalk, Über die Bedeutung des — für Mensch und Säugetier. S. 77.
 Karbolsäuregehalt deutscher Steinkohlenteere. S. 231.
 Kastration, Über die Übertragung der Wirkung der — auf Maisstengel durch Samen. S. 15.
 Keimung, Der Einfluß des Wasserstoffsperoxyds auf die —. S. 16.
 Kinematograph, Konstruktionen der Diagramme der Geschwindigkeit und Beschleunigung des Films. S. 817.
 Klima, Beziehungen zwischen den Schwankungen des — und der Produktion in Australien. S. 719.
 Kohle, künstliche, Herstellung — in Norwegen. S. 96.
 Kohlenoxyd, Die Oxydation des — in Gegenwart von kolloidalem Platin, Iridium und Osmium. S. 216.
 Kohlenuntersuchung, Eine neue Form der —. S. 249.
 Kohlenvergasung, Die Industrie der Nebenprodukte und ihre Beziehungen zur —. S. 14.
 Kometenerscheinungen des Jahres 1918. S. 840.
 Kristalle, fadenförmige, von metallischem Wolfram. S. 48.
 — metallischer Stoffe, Wertvolle Beobachtungen über die —. S. 48.
 Kristallisationsgeschwindigkeit, Methode zur Messung der — an metallischen Schmelzflüssen. S. 48.
 Kristallstruktur des Calcits. S. 247.
 — Die Koordinationslehre in ihrem Zusammenhang mit den neueren Ergebnissen der Forschung über die —. S. 246.
 — Eine neue Methode der Bestimmung der — durch Röntgeninterferenzen. S. 718.
 — komplizierter Verbindungen. S. 246.
 Kupfererzlagstätte, Wie Outokumpu, Finnlands neue — entdeckt wurde. S. 596.
 Kupfermerkblatt des Bureau of Standards. S. 352.
 Laichwanderung, Über die — der Seeforelle. S. 32.
 Langlebigkeit der Pflanzensamen. S. 250.
 Lichtelektrische Untersuchungen an Salzlösungen. S. 777.
 Litauen. S. 335.
 Luft, Nächtliche Abkühlung der — am Boden. S. 32.
 Luftverkehrswege nach Australien. S. 922.
 Made in Germany. S. 369.
 Mäuse, Feld-, Beobachtungen über das Familienleben der —. S. 77.
 Magnetismus, Neue Theorie des —. S. 194.
 Maisstengel, Über die Übertragung der Wirkung der Kastration auf — durch Samen. S. 15.
 Manganerze. S. 353.
 Mapa para el viaje de Bariloche a Puerto Montt, 1:400 000. Empresa Andina del Sud. Buenos Aires. S. 627.
 Materialabnutzung, Mikrokinematographie zur Beobachtung der —. S. 216.
 Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht, Die Tätigkeit des Ausschusses für den — seit dem Jahre 1914. S. 734.
 Maulwurf, Frißt der — Engerlinge? S. 417.
 Medusengattung *Gonionemus*, Die pazifische und atlantische — in der Adria. S. 938.
 Mesopotamien. S. 625.
 Metabolismus, morphologischer, Zu Ruzickas Lehre vom —. S. 229.
 Metrisches System in England. S. 180.

- Mikrokinematographie zur Beobachtung der Materialabnutzung. S. 216.
- Milchhygiene. S. 338.
- Mineralbildung, hydrothermale. S. 244.
- Mineralöl, Gewinnung von — in England. S. 819.
- Miraspektrum, Umwandlung eines — in ein Novaspektrum. S. 902.
- Mischkristalle, Die Natur der — mit anomaler Doppelbrechung. S. 47.
- Myriapoden, Die Entwicklung der diplopoden —. S. 16.
- Nährwert, Über den —. S. 819.
- Nahrungsmittel, Der geminderte Nährwert der gebräuchlichsten —. S. 500.
- Nahrungsstoffe, organische, Beitrag zur Kenntnis von — mit spezifischer Wirkung. S. 740.
- Narkose und Sauerstoffdruck. S. 127.
- Nebenprodukte, Die Industrie der — und ihre Beziehungen zur Kohlenvergasung. S. 14.
- Nebularhypothese, Die —. S. 179.
- Nervenverletzung, Die Entstehung von Geweschäden nach —. S. 797.
- Neu-Guinea, Die letzten deutschen geographischen Forschungen über —. S. 838.
- Niederschläge, Sehr dichte —. S. 816.
- Niere, Einfluß der radioaktiven Substanzen auf die Permeabilität der — für Glukose. S. 80.
- Nordlichtstrahlen, grüne, Die Wellenlänge der —. S. 612.
- Nordpolexpedition, Eine neue deutsche —. S. 628.
- Norwegen, Die Ausnutzung der Wasserkräfte in —. S. 777.
- Nova Aquilae 3, Über Eigentümlichkeiten der —. S. 680.
- Helligkeit, Farbe und Spektrum der —. S. 531.
- Spektrum und Helligkeit der —. S. 486.
- Veränderungen der Helligkeitsverteilung im Spektrum der —. S. 486.
- Novaspektrum, Umwandlung eines Miraspektrums in ein —. S. 902.
- Obsterhaltungsmittel, Vergleichende Versuche über die Wirkung verschiedener —. S. 78.
- Ophiuchus, Pfeilstern im —. S. 530.
- Oriongruppe der Heliumsterne. S. 780.
- VV Orionis, Bedeckungsveränderlicher —. S. 996.
- Orioutrapez, Veränderlichkeit des schwächsten der vier Hauptsterne des —. S. 1016.
- Orthopteren, Über histolytische Vorgänge, beobachtet während der Regeneration der Anhängel bei gewissen —. S. 15.
- Osmotisches Experiment, Ein neuartiges —. S. 337.
- Outokumpu, Wie —, Finnlands neue Kupfererzlagertätte, entdeckt wurde. S. 596.
- Oxydation des Kohlenoxyds in Gegenwart von kolloidalem Platin, Iridium und Osmium. S. 216.
- Papier, Über Schimmelbildungen, die Veränderungen im — hervorrufen. S. 80.
- Papierteig, Fabrikation von — aus dürrern Laub. S. 126.
- Pendeluhrn, Untersuchungen über —. S. 466.
- Permeabilität der Niere, Einfluß der radioaktiven Substanzen auf die — für Glukose. S. 80.
- Permutit, Gleichgewichte beim Austausch der Basen im —. S. 244.
- Persischer Golf, Geographie des — und seiner Randgebiete. S. 595.
- Petroleum, Wesen und Ursprung von — und Asphalt. S. 80.
- Pfeilstern im Ophiuchus. S. 530.
- Pflanzenölerzeugung, Rußlands —. S. 838.
- Pflanzensamen, Langlebigkeit der —. S. 250.
- Phanerogamenstengel, Über das Erscheinen der Gewebe und Regionen in der Spitze des —. S. 16.
- Photographisch-Spektralphotometrische Größen von Hyadensternen. S. 1016.
- Phototrope Eigenschaften, Untersuchung der — des β -Tetrachlor- α -Ketonaphthalins. S. 248.
- Planetenentdeckungen im Zeitraum vom 1. Juli 1917 bis 30. Juni 1918. S. 840.
- Platindraht-Ersatz, Wohlfeiler — zur Erzeugung von Flammenfärbungen. S. 231.
- Polargebiete, Neue Pläne zur Erforschung der —. S. 720.
- Polbewegung, Verlauf der — während des Jahres 1917. S. 517.
- Pollenbildung, Über —. S. 16.
- Pratt, Die Schwerkraft auf dem Mittelländischen Meere und die Hypothese von —. S. 484.
- Pseudopetalie, Über staminale — und deren Bedeutung für die Frage nach der Herkunft der Blütenkrone. S. 759.
- Purkinje-Effekt der photographischen Platten. S. 680.
- Quantentheoretische Beziehungen im Planetensystem. S. 820.
- Quarzquecksilberlampe. S. 354.
- Radialgeschwindigkeit, Liste von 37 Sternen mit großer — und bekannter Eigenbewegung und Parallaxe. S. 800.
- Rana, Pigment in den Melanophoren von —. S. 417.
- Rassenhygiene in Ungarn. S. 64.
- Reflektor, Der 72-zöllige — des Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, Canada. S. 660.
- Regenärmste und regenreichste Gebiete in Deutschland, Die geographische Verteilung der —. S. 483.
- Regenerationsvorgänge, Über die zeitlichen Eigenschaften der —. S. 337.
- Registrierung, Graphische — mit Hilfe eines Gasstrahles. S. 194.
- Reizleitung. S. 194.
- Relativitätstheorie, Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen —. S. 232.
- Röntgenaufnahmen, Beugungsähnliche Lichtstreifen an den Schattenrändern einfacher —. S. 716.
- Röntgeninterferenzen, Eine neue Methode der Bestimmung der Kristallstruktur durch —. S. 718.
- Rotation, Über eine Differentialgleichung des Problems der — der Himmelskörper. S. 466.
- Rotationspole, Zur Erklärung der Bewegung der — der Erde. S. 799.
- Rückbildungsvorgänge, Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene — am Eierstock des Haushuhnes. S. 94.
- Rumänien, Die Landschaften —. S. 626.
- Rumex thyrsiflorus, Über die verhältnismäßige Anzahl männlicher und weiblicher Individuen bei —. S. 516.
- Rußlands Pflanzenölerzeugung. S. 838.
- Salzlösungen, Lichtelektrische Untersuchungen an —. S. 777.

- Saturn, Vergleichung der Flächenhelligkeiten von Ring und Zentralkörper des —. S. 502.
- Saugkraftmessungen, Besprechung unserer bisherigen —. S. 515.
- Schallmeßdienst, Amerikanischer —. S. 515.
- Schallwellen, Sichtbare —. S. 779.
- Schiffahrt, Zur Urgeschichte der —. S. 628.
- Schiffspropellerantrieb durch Dampfturbinen. S. 272.
- Schimmelbildungen, die Veränderungen im Papier hervorrufen. S. 80.
- Schlagwetteranzeiger, Ein neuer —. S. 778.
- Schmelzen von kristallwasserhaltigen Kalisalzen. S. 245.
- Schmelzflüsse, metallische, Methode zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit an —. S. 48.
- Schmelzgleichgewichte, Untersuchungen über —. S. 46.
- Schwefel, kolloidaler, Bildung — aus Sulfiden. S. 48.
- Schwerkraft, Die — auf dem Mittelländischen Meere und die Hypothese von Pratt. S. 484.
- Schwungkölbchen, Über die Funktion der — der Zweiflügler. S. 76.
- Seeigelstacheln, Die Regenerationsfähigkeit der —. S. 249.
- Sehen, Helligkeitsmaß und Bemerkungen über das — bei schwacher Beleuchtung. S. 214.
- Silberglasspiegel, astronomische, gasdichter Überzug. S. 485.
- Siriusbegleiter, unerklärliches Paradoxon. S. 779.
- Solarkonstanten-Expedition der Smithsonian-Institution nach Calama in Chile. S. 230.
- Solarkonstanten-Observatorium, Ein neues —. S. 127.
- Sonnenfinsternis am 29. Mai. S. 368, 418, 514.
- Sonnenflecken, Die magnetische Polarität der —. S. 799.
- Sonnengeschwindigkeit, Berechnung der — aus den Radialgeschwindigkeiten von Sternen mit sehr kleiner Eigenbewegung. S. 532.
- Sonnenkorona, Das Ergebnis einer lichtelektrischen Bestimmung der Helligkeit der — während der totalen Sonnenfinsternis am 8. Juni 1918. S. 839.
- Spektra im elektrischen Ofen. S. 179.
- Spektroskopische Bahnen von Bedeckungsveränderlichen. S. 800.
- Stahlerzeugung, Forschungsinstitut für Fragen der Eisenerzeugung und —. S. 353.
- Stalaktiten, Beobachtungen über das Wachstum von —. S. 660.
- Staphylinidenart, Über eine — aus den mährischen Höhlen. S. 76.
- Steinkohle, Über die Beziehungen zwischen — und Erdöl. S. 79.
- Steinkohlenteere, Über den Karbolsäuregehalt deutscher —. S. 231.
- Stellarstatistik. S. 232.
- Sterne, Zwei — mit großer Eigenbewegung. S. 760.
- Effektive Temperaturen von 199 helleren —. S. 995.
- Sternhaufen, Statistische Untersuchungen der —. S. 465.
- Stickstoff, Ein neues Verfahren zur Gewinnung von — aus der Luft. S. 272.
- Stiftung, Eine neue gemeinnützige — in Zürich für wissenschaftliche Zwecke. S. 78.
- Strukturtheorie, Resultate der geometrischen —. S. 245.
- 24-Stundenzählung. S. 180.
- Subcoccinella 24 punctata L., Zur Biologie von —. S. 76.
- Südpolargebiet, Die Vereisung des —. S. 837.
- Taube, Wander-, Wiederentdeckung der —. S. 250.
- Teeröle, Über die Oxydation von — durch Ozon. S. 484.
- Temperaturerhöhungen, Der Einfluß kurzer und schwacher — auf den Verlauf der Gärung. S. 32.
- Tiefen-Antisepsis mit Vuzin. S. 485.
- Tongesteine, Druckhaftigkeit und Bodenbeweglichkeit der —. S. 80.
- Trabant, Ballistischer — der Erde. S. 250.
- Tragflügelquerschnitte, Ein erweitertes Verfahren zur Berechnung der Strömung um —. S. 215.
- Überspannungsableiter, Ein neuer —. S. 368.
- Uhren, Pendel-, Untersuchungen über —. S. 466.
- Ungarn, Rassenhygiene in —. S. 64.
- ξ Ursae majoris, Doppelstern —. S. 517.
- ξ¹ Ursae majoris, Eine neue Bestimmung der Periode und Bahnelemente des interessanten spektroskopischen Systems —. S. 995.
- Veränderliche vom δ-Cephei-Typus mit sehr kurzer Periode. S. 680.
- langerperiodische, Statistische Untersuchung der Bewegung und Verteilung der —. S. 338.
- Sterne. S. 518.
- Veränderlicher 7,1917 Serpentis, Der merkwürdige —. S. 760.
- Veränderlichkeit des schwächsten der vier Hauptsterne des Oriontrapezes. S. 1016.
- Verkokungsverfahren, Ein neues —. S. 178.
- Vertikales Wachstum der Bäume. S. 354.
- Vielstoffsystem, Hochkomplexe Gemische und Verbindungen als Glieder eines —. S. 47.
- Vivisektion, Mißbrauch der —. S. 354.
- Vogelfauna, Beiträge zur Kenntnis der — der verschiedenen Kriegsschauplätze. S. 176.
- Vuzin, Tiefen-Antisepsis mit —. S. 485.
- Wachstum, Vertikales — der Bäume. S. 354.
- Wahrscheinlichkeit, Der Begriff der — für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit. S. 482.
- Waldbrände, Ungeheure — im Westen der Vereinigten Staaten von Amerika. S. 922.
- Walfischfleisch als Nahrungsmittel. S. 249.
- Walliser Anthrazit. S. 777.
- Wanderflug, Die Richtung des — der Zugvögel Europas. S. 12.
- Wandertaube, Wiederentdeckung der —. S. 250.
- Wasserkräfte, Die Ausnutzung der — in Norwegen. S. 777.
- Wasserstoffsuperoxyd, Der Einfluß des — auf die Keimung. S. 16.
- Webersches Gesetz, Über die Gültigkeit des — bei den haptotropischen Reaktionen. S. 517.
- Weil-Felix-Reaktion, Die Beziehungen des Gruber-Widal zum Fleckfieber und zur —. S. 248.
- Weizen, Erzeugung von — bester Qualität. S. 354.
- Welt, Die räumlich geschlossene —. S. 820.
- Weltbedarf an Pferdekraften. S. 195.
- Wetterfilme. S. 798.
- Wettervorhersage, Eine neue Methode von V. Bjerknes zur Verbesserung der —. S. 450.

- Wind, Untersuchungen über die Geschwindigkeit und Böigkeit des —. S. 337.
- Windepflanzen, Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration des Gipfels und Kontaktempfindlichkeit bei —. S. 759.
- Wirklichkeit, Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der —. S. 483.
- Wirtschaftsgeographie, Aufgaben der —. S. 270.
- Wisent und Buffalo in modernen Tiergärten. S. 75.
- Wöllaner Braunkohle, Über die Verwertung der —. S. 482.
- Wolfram, metallisches, Fadenförmige Kristalle von —. S. 48.
- Wolkenschichten; Über Neigungen von —. S. 31.
- Wyhraniederung, Über spät- und postglaziale Ablagerungen in der —. S. 516.
- Xerophytencharakter** der Hochmoorpflanzen. S. 95.
- Zellwandverdauung**, Mikroskopische Untersuchungen zur —. S. 515.
- Zeolithe, Ist in den — das Wasser chemisch gebunden oder nur in physikalischer Anlagerung enthalten? S. 213.
- Zuchtwahl, Darwins geschlechtliche und ihre arterhaltende Bedeutung. S. 501.
- Zugvögel, Die Richtung des Wanderfluges der — Europas. S. 12.
- Zweiflügler, Über die Funktion der Schwingkölbchen der —. S. 76.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 1.

3. Januar 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Zum fünfundzwanzigjährigen Todestage von Heinrich Hertz. Von *Prof. Dr. M. Abraham, Berlin.* S. 1.

Ueber Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Physik. Von *Prof. Dr. J. von Kries, Freiburg i. B.* S. 2.

Die jährliche Gesamtproduktion der grünen Pflanzendecke der Erde. Von *Prof. Dr. H. Schroeder, Kiel.* S. 8.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Richtung des Wandertuges der Zugvögel Europas. Die Industrie der Nebenprodukte und ihre Beziehungen zur Kohlenvergasung. Ueber die Uebertragung der Wirkung der Kastration auf Maisstengel durch Samen. Ueber

histolytische Vorgänge, beobachtet während der Regeneration der Anhänge bei gewissen Orthopteren. Ein Fall von vollständigem, doppelseitigem und gleichzeitig funktionierendem Hermaphroditismus bei *Chrysopa aurata*. Der Einfluß des Wasserstoffsperoxyds auf die Keimung. Untersuchungen über das Bestehenbleiben des Foramen Botalli bei einigen Haustieren. Ueber das Erscheinen der Gewebe und Regionen in der Spitze des Phanerogamenstengels. Ueber die sexuellen Variationen der Infloreszenzen und Blüten bei den kultivierten *Codiaeum*-Arten. Die Entwicklung der diplo-poden Myriapoden. Ueber Pollenbildung. S. 12—16.

Elektrische Heizkissen

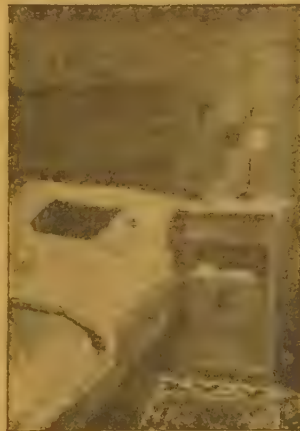
Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheisswerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 24.— für den Jahrgang, M. 6.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 80 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure

Aus dem chemischen Laboratorium der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München

Sieben Abhandlungen

Von **Richard Willstätter** und **Arthur Stoll**

Mit 16 Textabbildungen und einer Tafel

Preis M. 28.—; gebunden M. 36.—

* Untersuchungen über Chlorophyll Methoden und Ergebnisse

Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie

Von **Professor Dr. Richard Willstätter**

Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie

und

Dr. Arthur Stoll

Assistent des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie

Mit 16 Textfiguren und 11 Tafeln

1913. Preis M. 18.—; gebunden M. 20.50.

*Hierzu Teuerungszuschlag

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

3. Januar 1919.

Heft 1.

Zum fünfundzwanzigjährigen Todestage von Heinrich Hertz.

Von Prof. Dr. M. Abraham, Berlin.

Während, nach dem Ende des grausigen Bruderkampfes, die Funksprüche, den Äther durch-eilend, die Länder und die Erdteile wieder verknüpfen, ziemt es sich, des Entdeckers der elektrischen Wellen zu gedenken, der vor fünfundzwanzig Jahren, am 1. Januar 1894, einer tückischen Krankheit zum Opfer fiel.

Es war eine theoretische Streitfrage, deren Entscheidung sich *Heinrich Hertz* zum Ziele gesetzt hatte, die Frage nämlich, ob die elektrodynamischen Kräfte als Nahwirkungen anzusehen seien. Dies behauptete die von *Maxwell* auf Grund Faradayscher Vorstellungen entwickelte Theorie. *Helmholtz* hatte die Entscheidung zwischen ihr und den Fernwirkungstheorien vorbereitet, indem er der Elektrodynamik eine so allgemeine Gestalt gab, daß sie einerseits die Fernwirkungstheorien, andererseits die Maxwellsche Theorie als Sonderfälle enthielt, und hervorhob, welche besonderen Annahmen die Maxwellsche Theorie kennzeichneten. Die wichtigste dieser Annahmen besagte, daß ein Verschiebungsstrom dieselben elektrodynamischen Kräfte hervorruft, wie ein Leitungsstrom. Die Prüfung dieser Voraussetzung war es, die *Helmholtz* im Jahre 1879 als Preisaufgabe der Akademie der Wissenschaften zu Berlin gestellt hatte. *H. Hertz*, der schon als Student eine andere Helmholtzsche Preisaufgabe (Feststellung einer oberen Grenze für die kinetische Energie der elektrischen Strömung) gelöst hatte, erwog die Möglichkeit der experimentellen Entscheidung. Aber er bemerkte bald, daß bei den damals erreichten Schwingungszahlen die Verschiebungsströme so klein gegen die Leitungsströme sind, daß ihre Wirkungen sich der Messung entziehen. Um die besonderen Voraussetzungen der Maxwellschen Lehre dem Experimente zugänglich zu machen, mußte man elektrische Schwingungen von wesentlich höherer Frequenz erzeugen. Seither war die Aufmerksamkeit von *Hertz* geschärft für alles, was mit elektrischen Schwingungen zusammenhing. Als er nun im Herbst des Jahres 1886 entdeckte, daß der elektrische Funke die Eigenschwingungen offener Leiterkreise auslöst, sah er sein Ziel in erreichbare Nähe gerückt. Durch Beobachtung kleiner Fünkchen im Funkenmikrometer eines Nebenkreises (Resonators) vermochte er die Ausbreitung der elektrischen Kräfte zu verfolgen, und trotz mancher Abirrung gelang es ihm schließlich,

darzutun, daß die Fortpflanzung der elektromagnetischen Wellen im Luftraume der Maxwellschen Theorie folgt. Die Versuche über „Strahlen elektrischer Kraft“, die mit Wellen von 60 cm Wellenlänge angestellt wurden, zeigten schlagend die Ähnlichkeit der elektromagnetischen Wellen und der Lichtwellen, und veranschaulichten so die elektromagnetische Theorie des Lichtes. In einem Vortrage „Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität“ konnte er der Heidelberger Naturforscherversammlung (1889) die Ergebnisse seiner Forschungen mitteilen.

Inzwischen hatte er sich, Anderen die experimentelle und technische Verwertung seiner Forschungen überlassend, wieder der theoretischen Physik zugewandt. Früher pflegte er bei elektrodynamischen Untersuchungen, seit seiner Doktor-dissertation über die „Induktion in rotierenden Kugeln“, das allgemeine Helmholtzsche Formelsystem zugrunde zu legen. Jedoch schon im Jahre 1884, in der Arbeit „Über die Beziehungen zwischen den Maxwellschen elektrodynamischen Grundgleichungen und den Grundgleichungen der gegnerischen Elektrodynamik“ hatte er bemerkt, daß das Maxwellsche System durch Geschlossenheit und Einheitlichkeit allen anderen überlegen sei; ausgehend von dem Prinzip der Einheit der elektrischen Kraft und der magnetischen Kraft und von der Analogie zwischen einem elektrischen Kreisstrom und dem „magnetischen Strome“ eines erlöschenden Ringmagneten zeigte er, daß die auf unvermittelte Fernwirkung gegründeten Systeme unvollständig sind, und daß ihre sinngemäße Ergänzung zu elektromagnetischen Kraftfeldern führt, welche im Vakuum den Verkettungsgleichungen genügen, die wir jetzt die „Hertz-Heavisideschen Gleichungen“ nennen. Nun (1888) konnte er, von diesen Feldgleichungen ausgehend, in der Arbeit „Die Kräfte elektrischer Schwingungen, behandelt nach der Maxwellschen Theorie“, das Feld eines elektrischen Dipols von periodisch wechselndem Momente berechnen, und dar-tun, daß es in den wesentlichen Zügen dem beobachteten Felde seines Oszillators entspricht. Diese Arbeit ist noch heute grundlegend für alle theoretischen Untersuchungen auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie, da sie den einfachsten Fall der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen von einem Störungszentrum aus betrifft. Noch wichtiger sind die beiden Abhandlungen, in welchen die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende und für bewegte Körper entwickelt werden. Hier werden die Begriffe der elektrischen und der magnetischen Kraft an die Spitze gestellt,

und es werden die Beziehungen dargelegt, welche in polarisierbaren und in leitenden Körpern zwischen ihnen bestehen. Rudimentäre, aus der Fernwirkungstheorie entlehnte Begriffe, wie der des Vektorpotentials, werden ausgeschieden. So erhält die Maxwellsche Theorie eine ungemein einfache und durchsichtige Form. *Hertz* war sich darüber klar, daß seine Grundgleichungen für bewegte Körper nur für die elektromagnetischen Erscheinungen in engerem Sinne gelten konnten, und die Optik bewegter Körper nicht umfaßten. Jetzt wissen wir, durch die Versuche von *Eichenwald* und *Wilson*, daß sie auch auf dem Gebiete der Elektrodynamik nicht ausreichen. Dennoch wird der Lernende das Studium der Elektrodynamik bewegter Körper auch heute noch mit der Abhandlung von *Hertz* beginnen, bevor er sich den verwickelteren Ansätzen zuwendet, welche jene Versuche zu erklären geeignet sind.

Noch allgemeiner war der Standpunkt des letzten, posthumen Werkes von *Heinrich Hertz*, der „Prinzipien der Mechanik“, welches die Arbeit seiner letzten drei Lebensjahre umfaßt. Das Leitmotiv dieses Werkes ist die mechanische Deutung aller physikalischen Vorgänge, insbesondere der elektromagnetischen. Bevor er sich an dieses Ziel wagte, glaubte er der Mechanik eine zweckmäßigere Form geben zu müssen. Die klassische Mechanik liefert, so geeignet sie auch für praktische Zwecke ist, kein hinreichend deutliches Bild der Wirklichkeit. Handelt es sich z. B. um die Bewegung eines Massenpunktes, so läßt die klassische Mechanik einen beliebigen Ansatz für die Kraft und damit für die Beschleunigung zu; ihre Prinzipien sind so allgemein, daß sie manche besondere Eigenschaften der Naturkräfte nicht enthalten. Auch ist, nach Ansicht von *Hertz*, die Einführung von „Atomkräften“ nicht geeignet, eine einfache Darstellung der Tatsachen zu geben. Die Hertzsche Mechanik zählt den Begriff der Kraft nicht zu den Grundvorstellungen. Sie kennt deren nur drei: Zeit, Raum, Masse. Wo die sichtbaren Massen nicht zur Erklärung der Vorgänge ausreichen, nimmt sie verborgene Massen und Bewegungen an. Die Zusammenhänge zwischen den Massen eines Systemes werden als stetig vorausgesetzt, d. h. als darstellbar durch homogene lineare Gleichungen zwischen den Differentialen der Koordinaten. Das Grundgesetz der Hertzschen Mechanik besagt: „Jedes freie System beharrt in seinem Zustande der Ruhe und der gleichförmigen Bewegung in einer geradesten Bahn.“ Gehören nun zwei Körper demselben Systeme an, so ist die Bewegung des einen Körpers durch die des anderen mitbestimmt; dann kann man sagen, der eine Körper übe auf den anderen eine „Kraft“ aus; so sinkt die „Kraft“ in der Hertzschen Mechanik zu einem abgeleiteten Begriffe herab; es haften jedoch diesem Begriffe nicht mehr die logischen Unstimmigkeiten an, welche sich in der klassischen Mechanik zeigen. Je nachdem man den einen oder den anderen

Körper ins Auge faßt, ist die Kraft Folge oder Ursache der Bewegung. Ist nun ein Teil eines Systems etwa ein zyklisches System verborgener Massen, so kann es auf die anderen, sichtbaren Teile Kräfte von der Art ausüben, wie sie zwischen zwei elektrischen Kreisströmen auftreten; so umfaßt die Hertzsche Darstellung die dynamische Erklärung der elektromagnetischen Kräfte, die von *Maxwell*, *W. Thomson*, *J. J. Thomson* und *Helmholtz* gegeben worden war. Sie fordert eine ähnliche Deutung aller Kräfte, auch der elastischen; dabei sind zwischen den kleinsten materiellen Bestandteilen, den „Atomen“, stetige, unveränderliche Zusammenhänge anzunehmen. Diese Forderung harrt noch der Einlösung.

Einige Arbeiten von *H. Hertz*, die außerhalb des Gedankenkreises der Elektrodynamik liegen, dürfen nicht unerwähnt bleiben. Die theoretische Untersuchung „Über die Berührung fester elastischer Körper“ untersucht die Formänderung und die Druckverteilung an der Berührungsstelle zweier gegen einander gepreßter Körper. Sie führt zu einer exakten Definition der Härte, die heute den Ingenieuren geläufig ist. Die Meteorologie verdankt *Hertz* eine „Graphische Methode zur Bestimmung der adiabatischen Zustandsänderungen feuchter Luft“. Endlich seine letzte experimentelle Arbeit „Über den Durchgang der Kathodenstrahlen durch dünne Metallschichten“ (1892) bildete den Ausgangspunkt für die Untersuchungen von *Ph. Lenard* und die Entdeckung von *Röntgen*.

Im 37. Lebensjahre wurde *Heinrich Hertz* dahingerafft. Wer vermag zu sagen, welche Entwicklung die Physik genommen hätte, wenn er noch unter uns wandelte? Vielleicht wäre unter seiner Leitung manche Sackgasse vermieden worden; vielleicht hätte der Pfad der theoretischen Forschung uns über weniger steinigtes Geröll zu nicht minder reizvollen Ausblicken geführt.

Über Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Physik.

Von *J. von Kries*,

Professor der Physiologie zu Freiburg i. B.

I. Allgemeines. Spielraumstheorie.

Daß die Wahrscheinlichkeits-Betrachtungen in der theoretischen Physik im Lauf der letzten Jahrzehnte eine immer steigende Bedeutung gewonnen haben, ist allbekannt; nicht minder aber wohl auch, daß die Voraussetzungen, von denen man dabei ausgeht, die Hauptbegriffe, die verwendet werden, mit einem Wort die Grundlagen aller jener Erwägungen und Theorien mit gewissen Dunkelheiten behaftet sind. Daß dies der Fall sei, ist unlängst von bedeutender Seite durch den inzwischen verstorbenen Physiker *Smoluchowski* und an besonders sichtbarer Stelle aus-

gesprochen worden¹⁾. Mit Recht weist *Smoluchowski* im Eingange dieser Arbeit auf den Gegensatz der Auffassungen hin, der sich wie ein roter Faden durch die ganze Geschichte der Wahrscheinlichkeits-Theorien zieht. Die eine geht davon aus, daß jede Wahrscheinlichkeit durch ein ungenaues oder unvollständiges Wissen bedingt sei, daß sie sich durch Art und Maß dieses Wissens bestimmen müsse, demgemäß also davon abhängt, was der Einzelne etwa weiß oder nicht weiß, und insofern von *subjektiver* Bedeutung ist. Gegenüber dieser, vorzugsweise von philosophischer Seite betonten Auffassung ist dann, hauptsächlich von den Physikern und Mathematikern, geltend gemacht worden, daß z. B. den in den Zufallsspielen angesetzten Wahrscheinlichkeitswerten schon deswegen, weil sie in der relativen Häufigkeit der verschiedenen Erfolge bei langen Reihen regelmäßig zur Erscheinung kommen, eine *objektive* Bedeutung zuerkannt werden müsse. *Smoluchowski* betont, daß in der theoretischen Physik stets von der Annahme einer solchen objektiven Bedeutung der Wahrscheinlichkeit ausgegangen werde, daß aber die herkömmliche Betrachtung nicht erkennen lasse, worin diese besteht. — In der Lösung dieses Widerspruches, in der befriedigenden Aufklärung dieses Zusammenhanges zwischen objektiv gegebenen Tatbeständen und subjektiv berechtigten Erwartungen habe ich das Hauptergebnis derjenigen Wahrscheinlichkeits-Theorie erblickt, die ich vor etwas mehr als 30 Jahren entwickelt, neuerdings in größerem Zusammenhange nochmals dargestellt habe²⁾. Bemerkenswerterweise ist nun *Smoluchowski* (ohne Zweifel wohl ohne Kenntnis meiner Arbeiten) auf ganz den nämlichen Gedanken gekommen, der meiner Wahrscheinlichkeits-Theorie als Hauptgedanke zugrunde liegt. Er hat ihn in dem genannten Aufsatz in einer Weise entwickelt, die mit meinen Ausführungen vielfach überraschend genau zusammentrifft, ohne ihn freilich, wie ich es versucht habe, zu einer erschöpfenden Theorie durchzuarbeiten. Er betont selbst, daß seine Ausführungen als eine solche nicht gelten können, wohl aber die Grundlage oder den Ausgangspunkt für eine solche bilden sollen. Eine kurze Darlegung dieses Hauptgedankens will ich hier sogleich an die Spitze stellen. — Bei gewissen Vorgängen, vor allem den sogenannten Zufallsspielen, hängen die uns beobachtbaren Erfolge von den sie bestimmenden vorausgehenden Bedingungen in eigenartiger Weise ab. Zunächst sind sehr geringe, unserer Feststellung durchaus entzogene Änderungen der bedingenden Umstände schon ge-

nügend, um den Erfolg zu ändern. Wenn z. B. beim Roulette bei einer bestimmten Stärke des Antriebes die Kugel auf einem roten Felde liegen bleibt, so wird ein um äußerst geringe Beträge schwächerer oder stärkerer Anstoß sie auf dem vorausgehenden oder folgenden schwarzen Felde zur Ruhe kommen lassen. Denken wir uns die Kraft des Antriebes ausgiebiger variiert, so erhalten wir in beständiger Abwechselung solche Bereiche desselben, die den Erfolg Rot, und solche, die den Erfolg Schwarz bedingen. Sind die roten und schwarzen Felder gleich breit, so können wir behaupten, daß diejenigen Wertbereiche der Stoßkraft, die den Erfolg Schwarz und diejenigen, die den Erfolg Rot bewirken, mit größter Annäherung (ganz streng würde es bei unendlich kleiner Streifenbreite zutreffen) gleich groß sind. Leichte mechanische Überlegungen führen z. B. für das Würfeln, Aufwerfen einer Münze zu dem entsprechenden Ergebnis mit bezug auf die zahlreicheren Umstände, von denen in diesen Spielen der Erfolg abhängt. Allgemein läßt sich sagen:

In gewissen Fällen, besonders erkennbar bei den Zufallsspielen, hängen die beobachtbaren Erfolge von den sie bedingenden Umständen derart ab, daß, wenn diese Umstände in systematischer Weise variiert werden, diejenigen Teile des ganzen Variierungsbereiches, denen die einzelnen Erfolge zugehören, in bestimmten Größenverhältnissen stehen. Demgemäß machen diejenigen Gestaltungen der bedingenden Umstände, die den einzelnen Erfolg herbeiführen, einen bestimmten Bruchteil des ganzen Variierungsbereiches aus.

Eine Gesamtheit von Verhaltensweisen, die durch die systematische Variierung aller in Betracht kommenden Bestimmungen erhalten wird, kann man als einen *Spielraum* des Verhaltens bezeichnen³⁾. In dem Größenverhältnis derjenigen Spielräume der bedingenden Umstände, die den einen oder andern Erfolg mit sich bringen, haben wir ein *objektives* Verhältnis, das ohne jede Beziehung auf unsere Erwartungen angegeben werden kann, dessen Kenntnis also auch ein Wissen von objektiver und, wie sich denken läßt, unter Umständen von sehr weittragender Bedeutung darstellt. Die Aussagen, daß zwei Ereignisse tatsächlich „gleich möglich“ sind, „gleich leicht“ eintreten können, für die man jederzeit eine objektive Bedeutung in Anspruch genommen hat, besitzen eine solche in der Tat: ihnen liegt als berechtigter Sinn eben der zugrunde, daß die beiden Ereignisse durch gleich große Spielräume bedingender Umstände herbeigeführt werden.

Auf der andern Seite aber sind diese Spielräume auch für unsere *Erwartungen* maßgebend. Wir werden, wenn uns die genaue Gestaltung nicht bekannt ist, das, was gleichen Spielräumen

¹⁾ *Smoluchowski*: „Über den Begriff des Zufalls und den Ursprung der Wahrscheinlichkeitsgesetze in der Physik“ in dem Herrn *M. Planck* als Festschrift gewidmeten Heft dieser Zeitschrift, April 1918, S. 253.

²⁾ *Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Freiburg 1886. *Logik*, Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre, Tübingen 1916, S. 412 f. und S. 595 f.; im folgenden kurz zitiert „*Prinzipien*“ und „*Logik*“.

³⁾ Er ist je nach der Besonderheit des einzelnen Spiels als eine mehr oder minder zahlreich bestimmte Mannigfaltigkeit aufzufassen, worauf im folgenden noch kurz zurückzukommen ist.

der bedingenden Umstände entspricht, als gleich wahrscheinlich bezeichnen; wir werden das mit sehr großer resp. sehr geringer Wahrscheinlichkeit erwarten dürfen, wovon wir wissen, daß es durch einen sehr großen bzw. einen sehr kleinen Teil der ganzen Verhaltungsspielräume herbeigeführt wird¹⁾). Untersuchungen, auf die hier nicht einzutreten ist, lehren weiter, daß eine zahlenmäßige Bemessung der Erwartungen nur dann möglich ist, jedenfalls nur dann erheblichere Bedeutung besitzt, wenn sie auf einer Kenntnis jener objektiv definierten Größenverhältnisse beruht. Namentlich ergeben sich auch nur auf dieser Grundlage die enorm hohen oder enorm niedrigen Wahrscheinlichkeiten, die uns berechtigen, etwas mit fast absoluter Sicherheit zu erwarten oder für ausgeschlossen zu halten. Es muß daher auch besonders betont werden, daß die Wahrscheinlichkeiten, mit denen die Rechnung sich beschäftigt, auch diejenigen, die in der theoretischen Physik eine Rolle spielen, lediglich solche sind, denen die feste Unterlage eines solchen Wissens zugrunde liegt²⁾). In den hier in Betracht kommenden Fällen *bestimmt sich also die Erwartung nach gewissen uns bekannten Größenverhältnissen von objektiver Bedeutung*: damit ist der Zusammenhang der subjektiven und objektiven Seite in einfachster Weise bezeichnet.

Den Grundsatz, daß die Spielraumverhältnisse in der erwähnten Weise für unsere Erwartungen bestimmend sind, habe ich als *Prinzip der Spielräume* bezeichnet; die darauf aufgebaute Theorie der Wahrscheinlichkeitsrechnung kann *Spielraumtheorie* genannt werden. Der ganze Gegenstand ist unter diesen Namen in der logischen Literatur wohlbekannt und hat zu recht umfangreichen Erörterungen Anlaß gegeben.

Trotz der Einfachheit ihres Grundgedankens gestaltet sich die vollständige Durchführung der Spielraumtheorie doch verwickelter und umständlicher als man im voraus erwarten sollte, vor allem, wenn in erster Linie von logischen Gesichtspunkten ausgegangen wird und die Untersuchung in diesem Sinne orientiert ist. Einfacher und kürzer ließe sich vielleicht eine Darstellung gestalten, die nur das für die theoretische Physik Bedeutungsvolle umfaßt und überhaupt wesentlich dem Interessenkreis des Physikers Rechnung trägt. In der schon einige Zeit gehegten Absicht, eine solche Darstellung zu versuchen, bin ich

¹⁾ Über die Berechtigung des hier zugrunde liegenden logischen Prinzips vgl. *Logik* S. 425.

²⁾ Dies muß mit besonderem Nachdruck hervorgehoben werden gegenüber der auf philosophischer Seite noch häufig vertretenen Tendenz, die Wahrscheinlichkeits-Ansetzungen auch z. B. für die Zufallsspiele auf ein völliges Nicht- oder Nichts-Wissen zu basieren. Vgl. darüber z. B. *Stumpf*, Über den Begriff der mathematischen Wahrscheinlichkeit. Sitzungsber. der K. Bayer. Akademie der Wissenschaften, phil.-hist. Klasse 1892, S. 37. Derselbe, Über die Anwendung des mathematischen Wahrscheinlichkeitsbegriffs auf Teile eines Kontinuums. Ebenda. 1892, S. 681. Und dagegen *Logik*, S. 598 f.

durch den erwähnten Aufsatz *Smoluchowskis* bestärkt worden, teils, weil er erkennen läßt, daß auch in den Kreisen der Physiker die herkömmliche Behandlung der Wahrscheinlichkeitsbegriffe nicht als befriedigend erachtet wird, teils, weil in der unabhängigen Aufnahme desselben Grundgedankens von anderer Seite wohl eine erwünschte Gewähr für seine Fruchtbarkeit erblickt werden darf.

II. Die Zufallsspiele.

Auf der mit der Spielraumtheorie gewonnenen Grundlage müssen hier zunächst die Verhältnisse eines Zufallsspiels noch in einigen Richtungen des genaueren verfolgt werden. Darüber zwar, daß die Wahrscheinlichkeiten, die wir üblicherweise für die einzelnen Erfolge ansetzen, in der Tat den Spielraumverhältnissen der sie herbeiführenden Umstände entsprechen, wird es wenigstens für die Hauptklasse der Zufallsspiele kaum einer besonderen Hinzufügung bedürfen. Es sind dies alle diejenigen, bei denen, wie bei Roulette, Kopf und Schrift, Würfel und ähnlichen, nur eine kleine Zahl von Erfolgen möglich ist, und daher bei ausgiebigerer Variierung der bedingenden Umstände in periodischem Wechsel die verschiedenen Erfolge erhalten werden. Daß unter diesen Umständen die einzelnen Erfolge durch annähernd gleiche Bereiche der bedingenden Umstände erhalten werden, ergibt sich aus einer einfachen Erwägung der mechanischen Bedingungen¹⁾. In voller Strenge und unbedingt einwandfrei würde es für ein *ideales Zufallsspiel* gelten, worunter wir ein solches verstehen wollen, bei dem der Erfolg schon mit unendlich kleinen Variierungen der bedingenden Umstände wechselt, wie etwa ein Roulette mit unendlich schmalen roten und schwarzen Feldern.

Für das Roulette genügt die oben schon angestellte Betrachtung, ebenso für das von mir öfter zur Erläuterung herangezogene „Stoßspiel“, bei dem eine Kugel in einer langen geraden, in rote und schwarze Felder geteilten Bahn läuft (ein sozusagen geradlinig ausgestrecktes Roulette). In beiden Fällen bestimmt sich der Erfolg nur durch die Stärke des Anstoßes; der in Betracht kommende Spielraum ist also ein einfach bestimmter. Beim Würfeln bestimmt sich der Erfolg durch den Ort (Höhe über der Tischplatte), die Lage (Orientierung gegen die Senkrechte) und die fortschreitenden und drehenden Bewegungen, mit denen der Würfel die Hand des Würfelnden verläßt. Der in bezug auf all diese Verhältnisse bestehende Spielraum kann als eine neunfache bestimmte Mannigfaltigkeit aufgefaßt werden.

Schwerer zu beurteilen sind andere Zufallsspiele, die man etwa unter der Bezeichnung der Mischungsspiele zusammenfassen könnte, wie etwa das Durcheinanderschütteln von Kugeln in einem Gefäß. Ich bin jetzt im Zweifel, ob die Bemerkungen

¹⁾ Vgl. *Prinzipien* S. 54 f., *Logik* S. 619 f. und *Smoluchowski* S. 256.

kungen, die ich darüber in den Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Seite 57) gemacht habe, ganz genügen. Einige andere Beispiele, wie das „Galtonsche Brett“, hat *Smoluchowski* unter dem gleichen Gesichtspunkt behandelt.

Einer weiteren Darlegung bedarf dagegen der folgende Punkt. Wir haben zunächst ins Auge gefaßt, durch welche Spielräume der Stoßkraft beim Roulette die einzelnen Erfolge hervorgebracht werden, und ähnlich auch für das Würfeln die Würfelbewegungen zum Gegenstande der Betrachtung gemacht. Wir haben also die dem Erfolg unmittelbar vorausgehenden und ihn direkt bestimmenden Umstände in Rechnung gezogen. Nun kann man natürlich mit der Frage weiter zurückgreifen. Die Kraft, mit der der Spieler das Roulette antreibt, Art, Form und Zahl der beim Würfeln ausgeführten Bewegungen werden durch andere, entferntere Verhältnisse bestimmt. Es wird sich also fragen, ob man auch im Hinblick auf diese Umstände sagen kann, daß die einzelnen Erfolge durch gleich große Spielräume ihres Verhaltens bewirkt werden. Es versteht sich ja, daß wir die Wahrscheinlichkeit eines Zustandes oder Ereignisses nicht anders veranschlagen können als die Wahrscheinlichkeit derjenigen vorausgehenden Verhaltensweisen, die die erforderlichen und zureichenden Bedingungen für jene darstellen. Daher wird denn das Größenverhältnis irgend welcher Spielräume dann, aber auch nur dann, für unsere Erwartungen maßgebend sein, wenn es in der gleichen Weise für die Spielräume derjenigen Verhaltensweisen zutrifft, die den einen oder andern als ihre Vorbedingungen in beliebig früheren Zeitpunkten zugehören. Es leuchtet nun aber ein, daß auch dies wegen des schnellen periodischen Wechsels der Erfolge mit größter Annäherung zutreffen wird, für das ideale Zufallsspiel in aller Strenge zutreffen muß. Denn auch die Art, wie die späteren Verhaltensweisen von den früheren abhängen, wird, wenigstens vielfach, eine stetige, d. h. von der Art sein, daß kleinen Änderungen jener kleine und proportionale Änderungen dieser entsprechen. Geht man hiervon aus, so darf angenommen werden, daß auch in den entfernteren Bedingungen die den einen und andern Erfolg herbeiführenden in schnellem Wechsel und in gleicher Größe gegeben sein werden. Ich habe, um diesen wichtigen Punkt hervorzuheben, das Größenverhältnis derjenigen Spielräume, denen im Zufallsspiel die einzelnen Erfolge zugeordnet sind, ein *ursprüngliches* genannt. Der schnelle periodische Wechsel der Erfolge bei Variierung der bedingenden Umstände bringt es also nicht nur mit sich, daß in den unmittelbar vorausgehenden Umständen die den einen und andern Erfolg bedingenden Spielräume in festen Größenverhältnissen stehen, sondern auch, daß diese Größenverhältnisse im erwähnten Sinne ursprüngliche sind.

Sodann ist hier der Ort, auf die Tatsache einzugehen, daß in langen Reihen die einzelnen Fälle

annähernd mit derjenigen Häufigkeit vertreten sind, die ihren Wahrscheinlichkeiten oder, wie wir dem Obigen zufolge auch sagen können, ihren objektiven Möglichkeiten entsprechen. Diese Tatsache, das „Gesetz der großen Zahlen“, hat ja, wie bekannt, für die Wahrscheinlichkeits-Theorien immer einen besonders schwierigen Punkt gebildet. Die Wahrscheinlichkeits-Rechnung lehrt freilich in bekannter Weise, daß, wenn Rot und Schwarz mit gleicher Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind, wir für zahlreiche unabhängige Fälle ein annähernd gleich häufiges Eintreten beider mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit erwarten dürfen. Allein darin, daß wir etwas erwarten, auch darin, daß wir berechtigt sind, es zu erwarten, liegt, wie man mit Recht sagt, keine befriedigende Erklärung dafür, daß es tatsächlich, und zwar mit voller Regelmäßigkeit, eintritt. — Um über diese Frage ins klare zu kommen, muß man beachten, daß, wenn wir eine „Erklärung“ fordern, wir in erster Linie an eine Herleitung aus irgendwelchen, in der Form eines endgültigen Gesetzes angebbaren, allgemein verwirklichten Gleichartigkeiten zu denken pflegen. Weiter aber ist zu berücksichtigen, daß wir nicht daran denken können, etwa das gesamte Verhalten der Wirklichkeit aus solchen Gesetzen herzuleiten. Wäre uns alles, was in der Form von solchen Gesetzen angebbar ist, bekannt, so würde das ohne Zweifel nicht genügen, um das ganze Verhalten der Wirklichkeit erschöpfend zu bestimmen, sondern neben dem tatsächlich Verwirklichten noch einer Menge anderer Gestaltungen Raum geben. In vieler Hinsicht müssen wir uns also mit der Einsicht begnügen, daß die Dinge sich tatsächlich so oder so verhalten. So könnte z. B. die Bewegung irgendwelcher kosmischer Massen durch ein Anziehungsgesetz festgelegt sein. Welche Körper aber überhaupt vorhanden sind, welche Anordnungen und Geschwindigkeiten sie in einem bestimmten Zeitpunkt besitzen, also das, was wir in der mathematischen Behandlung als die „Anfangsbedingungen“ zu bezeichnen pflegen, könnte wohl durch eine allgemeine Ordnung gar nicht festgelegt, sondern eben nur als etwas tatsächlich Verwirklichtes zu betrachten sein. Hieraus geht hervor, daß es Sache einer gewissen Überlegung sein wird, wofür wir überhaupt eine Erklärung im obigen Sinne zu fordern Anlaß haben. Und hierfür kommen nun in der Tat die Spielraumsverhältnisse in Betracht. Wir werden vor allem nicht Anlaß haben, uns darüber zu wundern, daß ein Ereignis niemals eintritt, wenn dasselbe nur bei ganz besonderen, einen sehr kleinen Spielraum aller denkbaren Gestaltungen ausmachenden Bedingungen Platz greifen könnte. Wir würden es z. B. ungereimt finden, wenn jemand die Bemerkung machte, es kämen niemals zwei Berge von genau kongruenter Form vor, oder es fände sich am Himmelsgewölbe nirgends eine größere Anzahl heller Sterne in demselben größten Kreise und in gleichen Winkelabständen voneinander, eine solche Anordnung sei aus irgendeinem Grunde un-

möglich, und es müsse untersucht werden, wodurch sie verhindert sei. Die unmittelbar einleuchtende Auskunft, daß die ganz besondere in Frage gestellte Gestaltung der Erdoberfläche bzw. Anordnung von Gestirnen eben nicht realisiert sei, erscheint uns hier auch als völlig genügend. Ganz ähnlich liegen die Dinge auch für die Zufallsspiele. Und wir müssen, um sie richtig zu verstehen, nicht die Wahrscheinlichkeitsverhältnisse, sondern die ihnen zugrunde liegenden objektiven Verhältnisse, die Spielraumsgrößen, in Betracht ziehen. Wir werden bei dem Einzelfall keine Erklärung dafür fordern, wenn ein Ereignis, das nur bei einer ganz besondern Gestaltung der bedingenden Umstände eintreten konnte, tatsächlich nicht eingetreten ist. Ganz das gleiche trifft aber auch zu, wenn bei einer längeren Reihe eine annähernd gleiche Häufigkeit zweier Fälle beobachtet wird, und auch, wenn sich das bei vielen Reihen immer ähnlich wiederholt. Wir müssen hier den wichtigen in Betracht kommenden Hauptsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung in einer Weise formulieren, daß er sich nicht auf Wahrscheinlichkeiten, sondern auf Spielraumgrößen bezieht. Er besagt dann folgendes:

Wenn sehr zahlreiche Ereignisse ähnlicher Art stattfinden, und für jeden ein bestimmter Erfolg an den n -ten Teil des für die bedingenden Umstände bestehenden Spielraums geknüpft ist, so machen diejenigen Gestaltungen, bei denen jener Erfolg in annähernd dem n -ten Teil aller Fälle eintritt, einen überwiegend großen, der Einheit sich nähernden Bruchteil des gesamten Spielraums der bedingenden Umstände aus. Dagegen sind diejenigen Gestaltungen, die eine davon stark abweichende Gesamtzahl ergeben, ein verschwindend kleiner Bruchteil des ganzen Spielraums¹⁾.

Ist bei 1000 Roulette-Würfen annähernd gleich oft Rot und Schwarz gefallen, so können wir zunächst auch nur sagen, daß die ganz besondere Gestaltung der bedingenden Umstände, die ein abweichendes Verhalten (z. B. ein sehr starkes Überwiegen des Rot) zur Folge gehabt hätte, tatsächlich nicht verwirklicht gewesen ist. Machen wir uns klar, daß diejenigen Gestaltungen, denen wir das tatsächliche Verhalten immer angehören sehen, den weit überwiegenden Spielraum alles denkbaren Verhaltens ausmachen, so fällt der Anlaß weg, dafür eine Erklärung aus irgendwelchen Gesetzen des Geschehens zu suchen.

Die „Erklärung“ einer beobachteten Regelmäßigkeit kann, wenn wir das Wort Erklärung im weitesten Sinne nehmen, in einer Gesetzmäßigkeit im gewöhnlichen strengen Sinne gefunden werden; sie kann aber auch darin bestehen, daß das, was wir immer stattfinden sehen, einem überwie-

genden Spielraum der denkbaren Gestaltungen entspricht, Abweichungen aber nur unter ganz besonderen, einen überaus kleinen Spielraum umfassenden Bedingungen stattfinden könnten. Und ist das der Fall, so werden wir eine Erklärung im ersteren Sinne zu fordern keinen Anlaß und keine Berechtigung haben. Das Gesetz der großen Zahlen ist also kein physikalisches Gesetz, das den Ablauf des Geschehens bestimmt; es ist ein mathematisches Gesetz, das für die Größenverhältnisse von Spielräumen in Betracht kommt. Die Berechnung von Spielraumsverhältnissen kann uns die in den langen Reihen zu bemerkenden Regelmäßigkeiten nicht im gewöhnlichen Sinne erklären, d. h. als notwendiges Ergebnis eine Gesetzmäßigkeit darstellen. Wohl aber lehrt sie uns, daß wir eine solche Erklärung auch nicht zu fordern Anlaß haben.

Mit einigen Worten mag hier noch auf gewisse Begriffe und Betrachtungsweisen eingegangen werden, auf die vielfach besonderer Wert gelegt wird, und die auch von Smoluchowski zum Ausgangspunkt der Untersuchung genommen werden, den Zufall und die „Berechnung des Zufalls“. — Der populären Anschauung, daß z. B. beim Würfeln der Erfolg „vom Zufall abhängt“, daß es Sache des Zufalls sei, ob im Roulette Schwarz oder Rot falle, liegt als berechtigter Sinn offenbar der zugrunde, daß das Eintreten des einen oder andern Erfolges zwar selbstverständlich durch die voraufgehenden Umstände streng bestimmt ist, aber schon mit ungemein geringfügigen und daher unserer Feststellung schlechterdings entzogenen Änderungen jener Umstände wechselt, so daß jede Vorausberechnung ausgeschlossen ist¹⁾. Wir können weiter fragen, inwiefern der Zufall oder, besser gesagt, was am Zufall, was in bezug auf solche zufälligen Ereignisse berechnet werden kann. Und dies ist denn dahin zu beantworten, daß wir die Größenverhältnisse derjenigen Spielräume der bedingenden Umstände berechnen können, die den einen und anderen Erfolg herbeiführen. Dabei ist es nun von besonderer Wichtigkeit, wenn sich für ein uns interessierendes Verhalten sehr große, der Einheit sich nähernde oder sehr kleine von Null nur wenig verschiedene Bruchteile ergeben. Denn dies sind eben die Fälle, in denen wir gewisse Vorkommnisse mit ausnahmsloser Regelmäßigkeit, andere niemals eintreten sehen und daher auch gewisse Erwartungen für die Zukunft mit einem Höchstmaß von Sicherheit bilden können. Hierdurch entsteht dann die Anschauung, daß in gewisser Weise auch der Zufall dem Gesetze unterworfen sei, und daß wir durch unsere Berechnungen „Gesetze des Zufalls“ ermitteln.

¹⁾ Können wir den für einen Fall in Betracht kommenden Spielraum als eine x -fach bestimmte Mannigfaltigkeit auffassen, so werden die bedingenden Umstände für n unabhängige Fälle eine $n \cdot x$ -fach bestimmte Mannigfaltigkeit bilden.

¹⁾ Übrigens ist dies zwar die wichtigste und klarste, auch die uns gerade hier interessierende, aber doch keineswegs die einzige Bedeutung, in der das Wort Zufall gebraucht wird. Auf die mannigfaltigen anderen Bedeutungen, denen nur das gemeinsam ist, daß irgendein gesetzmäßiger Zusammenhang verneint werden soll, ist hier natürlich nicht der Ort einzugehen. Vgl. darüber *Prinzipien* S. 97 f.

Man wird aber doch immer beachten müssen, daß es sich dabei nicht um Gesetze im eigentlichen Sinne des Wortes handelt, vielmehr sowohl die Erklärung der Regelmäßigkeiten wie auch die Sicherheit unserer Erwartungen auf dem Spielraumsprinzip beruht.

Berechenbar — kann man also sagen — ist der Zufall überhaupt in dem Sinne, daß man die Größenverhältnisse von Spielräumen ermitteln kann; berechenbar in dem besondern Sinne, daß wir auch gewisse Regelmäßigkeiten der zufälligen Ereignisse verstehen und gewisse Erwartungen mit einer praktisch absoluten Sicherheit bilden können, ist er insofern, als solche Berechnungen ergeben, daß gewisse Folgen an einen der Einheit (oder der Null) sehr nahekommenenden Bruchteil des ganzen Spielraums denkbarer Verhaltensweisen geknüpft sind.

Als ein letzter hier interessierender Punkt aus der Theorie der Zufallsspiele sei schließlich der folgende erwähnt. Wir konnten für die hier besprochenen Fälle die maßgebenden Verhältnisse der Spielraumsgrößen durch einfache Betrachtung der mechanischen Bedingungen herleiten, eine Behandlung, die wir eine *deduktive* nennen können. Wir können jedoch auch die Größenverhältnisse von Spielräumen rückwärts aus den Massenergebnissen entnehmen. Auch diesen Fall können wir uns durch ein passend modifiziertes Zufallsspiel leicht erläutern und veranschaulichen. Nehmen wir an, es werde mit einem Würfel gespielt, dessen Seiten nicht in der gewöhnlichen Art mit den Zahlen Eins bis Sechs bezeichnet sind, sondern in irgendeiner andern uns nicht bekannten Weise. Als Ergebnis jedes Wurfes möge jedesmal die Bezeichnung der oben liegenden Seite zu unserer Kenntnis kommen. Findet sich, daß in langen Reihen immer in annähernd einem Drittel aller Fälle eine Vier oben liegt, so werden wir mit Recht schließen, daß *zwei* Seiten des Würfels die Bezeichnung Vier tragen oder, anders ausgedrückt, daß der den Erfolg Vier bedingende Spielraum den dritten Teil des gesamten ausmacht. Unter dieser Annahme konnten die beobachteten Erfolge der Massenbeobachtung durch die relativ weitaus größte Mannigfaltigkeit bedingender Umstände herbeigeführt werden.

Im Gegensatz zu dem ersterwähnten deduktiven können wir dieses Verfahren ein *empirisch-statistisches* nennen. Seine Berechtigung ist einleuchtend genug, um hier eine genauere Verfolgung entbehrlich zu machen¹⁾.

In dem eben behandelten Beispiel des statistischen Verfahrens liegen die Verhältnisse insofern einfach, als wir auf eine bestimmte und einfach angebbare Annahme geführt werden: eben die, daß zwei Seiten des Würfels die Bezeichnung Vier tragen. Denkbar aber sind auch Fälle, in denen wir uns von den die Spielräume bestimm-

menden Verhältnissen ein so einfaches und anschauliches Bild nicht machen können. Gleichwohl kann die Vermutung gerechtfertigt sein, daß etwas, was wir regelmäßig beobachten, nicht durch ein Gesetz im eigentlichen Sinne festgelegt, sondern dem überwiegenden Spielraum aller Verhaltensweisen zugeordnet sei und aus diesem Grunde Abweichungen nicht verwirklicht sind. Wir sind mit dieser Annahme zu einem gewissen Verständnis der beobachteten Regelmäßigkeit gelangt, das indessen doch kein vollkommen befriedigendes genannt werden kann. Vielmehr wird der Wunsch berechtigt sein, die empirisch bestimmten Spielraumsgrößen auch durch eine deduktive Betrachtung bestätigt und veranschaulicht zu sehen. Auf Verhältnisse dieser Art wird im Zusammenhange mit den Wahrscheinlichkeitsproblemen der kinetischen Gastheorie alsbald zurückzukommen sein.

Auch zahlreiche andere Begriffe erhalten aus der Spielraums-Theorie ihre befriedigende Klärung, so z. B. der des *begünstigenden Umstandes*. Wenn die exzentrische Lage des Schwerpunkts im Würfel einen bestimmten Wurf „begünstigt“, so bedeutet das, daß bei einem solchen Würfel der betreffende Wurf nicht durch den sechsten, sondern durch einen größeren Bruchteil des gesamten, durch die Variierung der bedingenden Umstände gegebenen Spielraums herbeigeführt wird. Überhaupt sind, wie ich glaube, durch die Spielraumtheorie die Verhältnisse eines Zufallsspiels, insbesondere die eines idealen, soweit geklärt, daß man von einer vollkommenen Befriedigung unserer intellektuellen Bedürfnisse sprechen kann¹⁾. Wir haben damit auch für die Behandlung anderer Vorgangsgebiete eine wertvolle Unterlage gewonnen, indem es sich in der Regel empfiehlt, gerade davon auszugehen, wie weit in irgendeinem Gebiete die Erscheinungen sich denen des idealen Zufallsspiels ähnlich verhalten, wie weit sie sich von ihnen unterscheiden. Auch die hierhergehörigen Probleme der theoretischen Physik werden wir zweckmäßig unter diesem Gesichtspunkte betrachten.

(Schluß folgt.)

¹⁾ Dagegen mag hier noch kurz daran erinnert werden, daß eine ganz allgemeine Theorie der Wahrscheinlichkeit sich noch mit einer Reihe anderer, hier beiseite gelassener Fragen zu beschäftigen hat. Dahin gehört namentlich die Frage, unter welchen Bedingungen überhaupt eine zahlenmäßige Bewertung von Wahrscheinlichkeiten möglich ist. Die Verfolgung derselben führt auch auf die Gebiete, die den Zufallsspielen nur in beschränkter Weise gleichen, wie das bei den sozialen Massenerscheinungen der Fall ist. Der für diese Dinge interessierte Leser findet ihre Behandlung auf der Grundlage der Spielraumtheorie in meiner Logik. Hier dürfen alle diese Dinge außer Betracht bleiben, weil wir von den vereinfachenden Annahmen ausgehen dürfen, 1. daß die verschiedenen Erfolge bedingenden Verhaltensspielräume in festen Größenverhältnissen stehen und 2. daß diese Größenverhältnisse allein für unsere Erwartungen maßgebend sind.

¹⁾ Vgl. darüber *Logik*, S. 427.

Die jährliche Gesamtproduktion der grünen Pflanzendecke der Erde.

Von Prof. Dr. H. Schroeder, Kiel.

I.

Mehrere Male wurde der Versuch gemacht, zahlenmäßig zu schätzen, welche Menge organischer Substanz die grüne Pflanzendecke der Erde alljährlich erzeuge. Ich führe einige Beispiele an, nicht sowohl in der Absicht, eine erschöpfende historische Übersicht zu geben, als vielmehr um die Art und Weise des Vorgehens zu zeigen.

Liebig, den ich als ersten nenne, bringt zwar keine ausgesprochene Angabe der Höhe dieser Produktion, liefert indes Unterlagen mit einem gewissen Vorbehalt, ausreichend zur Aufstellung äußerster Höchstwerte, wenn er sagt¹⁾: Dächte man sich die Erdoberfläche als eine grüne Wiese mit einem jährlichen Hektarertrage von 5000 kg Heu (Trockensubstanzgehalt 88,8 %), so werde, wenn Ersatz fehle, die atmosphärische Kohlensäure binnen ein- bis zweiundzwanzig Jahren aufgebraucht. Denn, da *Liebig* die Kohlensäure der Luft — zu hoch²⁾ — auf 3862,7 Kubikmeilen³⁾, also 1 580 000 km³ im Gewichte von 3160 Billionen kg veranschlagt, ergibt sich durch Division ein Jahreskohlendioxidverbrauch von 150 Billionen kg, gleichbedeutend mit 40 Billionen kg organisch gebundenen Kohlenstoffes⁴⁾. An einer anderen Stelle⁵⁾ macht *Liebig* Angaben über den Kohlenstoffgehalt der Luft, auf Grund deren sich ein jährlicher Kohlendioxidverbrauch von 230—240 Billionen kg berechnen ließe. Diese Werte können als oberste Grenze gelten; sie sind zu groß, weil die ganze Erdoberfläche voll ertragend eingesetzt ist, zu klein, weil nur die eingebrachte Ernte unter Ausschluß der Feldrückstände berücksichtigt wurde. Diese Berichtigung enthält keinen Vorwurf für *Liebig*, da dieser mit seiner, bewußt an eine fiktive Voraussetzung geknüpften Zeitbestimmung lediglich die verhältnismäßig geringe Menge der Luftkohlendioxid zur Anschauung bringen will und weitere Folgerungen, insbesondere die vorn gezogene, unterläßt.

Eine ähnliche Voraussetzung — die mitteleuropäischen Hektarerträge der Durchschnitt der Welternte — macht *Arrhenius*⁶⁾ und macht, wohl diesem folgend, *Ciamician*⁷⁾, doch mit dem *Liebig* fremden Anspruch auf eine, natürlich nur näherungsweise Geltung für das wirkliche Geschehen. Sie errechnen auf der Basis von 2500 kg (2%

Tonnen) organischer Produktion auf dem Hektar eine jährliche Kohlenstoffbindung von 13 Billionen kg (13 000 Millionen Tonnen) entsprechend einer Kohlensäureverarbeitung von 48 Billionen Kilogramm (*Arrhenius*) und einer organischen Produktion von 32 Billionen kg (*Ciamician*).

Der Unterschied zwischen diesem Werte (48 Billionen kg Kohlensäureverbrauch) und dem vorn mitgeteilten (150 Billionen) ist unter anderem darauf zurückzuführen, daß *Arrhenius* wie *Ciamician* eine Hektarernte von 2500 kg organischer Substanz annehmen, wogegen *Liebig* seine bei meiner Rechnung benutzten Zahlen unter Grundlagen einer organischen Hektarproduktion, von 4440 kg (in 5000 kg Heu) erhalten hat. *Arrhenius* und *Ciamician* führen den von ihnen benutzten Wert (2500) gleichfalls auf *Liebig* zurück, leider ohne nähere Ortsangabe. Ich habe ihre Zahl bei *Liebig* nirgends finden können, sondern kenne bei diesem ausschließlich höhere Anschläge, die auf eine organische Produktion von ungefähr 4000 bis 5000 kg auf dem Hektar mit etwa 2000 kg Kohlenstoff (gegen 1000 bei *Arrhenius*) herauskommen¹⁾. Diese höheren Werte entnimmt, wie ich, *Ebermayer*²⁾ *Liebigs* Buche. Danach möchte ich fast glauben, daß *Arrhenius* sich versehen habe und *Ciamician* aus ihm geschöpft habe. Trifft diese Vermutung zu, so wären die Resultate beider etwa zu verdoppeln, wodurch sich ein Kohlendioxidverbrauch von annähernd 100 Billionen kg ergäbe. Zu dieser Zahl führt, wie vorausszusehen, eine Nachrechnung auf der Basis einer Kohlenstoffmenge von 2000 kg in der Hektarernte³⁾.

Sorgfältiger fundiert ist eine Rechnung *Ebermayers*⁴⁾, die bereits 1885 veröffentlicht wurde. *Ebermayer* hat zunächst die Bestimmung der Hektarproduktion organischer Substanz dadurch verbessert, daß er der nutzbaren Ernte Abfälle und Rückstände zuzählt. Für den Hektar Ackerland berechnet er, fußend auf Versuchen *Bousingaults*, eine jährliche Kohlenstoffbindung von 2000 kg, für den Hektar Wald auf Grund eigener Versuche eine solche von 3000 kg. Das entspräche einem Kohlendioxidverbrauch von 7300 und 11 000 Kilogramm. Bayerns Wald verarbeitete danach jährlich 28 636 Millionen kg Kohlensäure, seine landwirtschaftlich benutzte Fläche 32 840 Millionen, zusammen 61 476 Millionen. Indem *Ebermayer* das Areal Bayerns (rund 7½ Millionen Hektar) zur gesamten irdischen Landfläche in Beziehung setzt, nachdem er von dieser ein Viertel als

¹⁾ *Liebig*: Die Chemie in ihrer Anwendung usw. VII. Auflage (1862), Band I, S. 263.

²⁾ Er hält sich an die von *de Saussure* gegebene Zahl: 0,0415 Volumprozent.

³⁾ *Liebig*: a. a. O., S. 18. Anmerkung.

⁴⁾ Die Zahlen — wie in der Regel, bei Endergebnissen stets — abgerundet.

⁵⁾ A. a. O. S. 23.

⁶⁾ *Arrhenius*: Werden der Welten. Deutsch von *Bamberger* (1908), S. 51.

⁷⁾ *Ciamician*: Die Photochemie der Zukunft (1913), S. 17. (In Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, Band XIX, 1913.)

¹⁾ *Liebig*: a. a. O., S. 14 und 15. Im einzelnen gibt *Liebig* folgende Zahlen für den Kohlenstoff der Hektarernten: Wiese 2036 kg; Wald (nur Holzertrag) 2014 kg; Getreide 2088 kg; Runkelrüben (ohne Blätter) 1760 kg. Diese Werte enthält auch noch die letzte (VIII) von *Zöllner* besorgte Auflage des *Liebigschen* Werkes.

²⁾ *Ebermayer*: Physiolog. Chemie der Pflanze, Band I (1882), S. 53.

³⁾ $2000 \times 15\,000 \text{ Mill. (Landfläche)} \times 3,67 \text{ (Faktor zur Umrechnung von Kohlenstoff in Kohlensäure)} = 110 \text{ Billionen kg CO}_2$.

⁴⁾ *Ebermayer*: Die Waldluft (1885), S. 57.

unproduktiv abgezogen hat, erhält er für die Pflanzendecke der Erde (bedeckend 10 160 Millionen Hektar) einen Jahreskohlendioxidverbrauch von 89 263 oder rund 90 Billionen kg.

Ebermayer nimmt also nicht nur an, daß Bayern in bezug auf die Hektarerträge dem Durchschnitt der produktiven Erdoberfläche entspreche, sondern er sieht sich beim Fehlen jeglicher Angaben über die Vegetationsgliederung des Landes auch genötigt, die in seiner Heimat bestehende Verteilung der Bodenfläche zwischen Wald einerseits, Acker und Wiese andererseits auf die gesamte Landfläche zu übertragen.

Die Übereinstimmung von *Ebermayers* Zahl (90 Billionen kg Kohlendioxid) mit der früher aufgeführten (100 Billionen) ist zufällig. Denn der mittlere Hektarertrag ist bei *Ebermayer* bei etwa gleichem Ansatz für das Feld infolge des höheren für den Wald wesentlich größer als bei *Liebig*. Dieser Umstand wird für das Endresultat dadurch ausgeglichen, daß *Ebermayer* ein Viertel der irdischen Landfläche als unproduktiv wegläßt. Ein Schluß von dieser Übereinstimmung auf die Zuverlässigkeit ist daher unstatthaft.

Nach einer Notiz *A. Mayers*¹⁾ ist neuerdings *Dubois* unter Berücksichtigung aller Umstände zum Ergebnis gekommen, daß die grünen Pflanzen im Laufe eines Jahres $\frac{1}{70}$ des Kohlendioxidvorrates der Luft konsumierten. Das wären bei Annahme einer Kohlendioxidmenge von 2100 Billionen kg in der Atmosphäre 30 Billionen kg jährlicher Verbrauch. Leider habe ich die Arbeit von *Dubois* nicht finden können, so daß ich über die Methode seines Vorgehens nichts auszusagen vermag.

II.

Für eine einwandfreie Schätzung ist die Größe der produzierenden Fläche zu ermitteln und nach der Ertragshöhe zu gliedern. Es fragt sich vorab, ist dies möglich, kann das, worauf *Ebermayer* vor einigen dreißig Jahren verzichten mußte, heute ausgeführt werden?

Die Oberfläche des Erdsphäroids wird auf 510 Millionen km² angegeben²⁾. Von diesen entfallen nach *Supan* 361 Millionen auf das Meer und 149 auf das Land. *Supans* Anschlag für dieses übersteigt den bis vor kurzem üblichen; der Unterschied rührt daher, daß *Supan* von den 23 Millionen km² der Polargebiete 14 Millionen der Landfläche zurechnet. Da diese eis- und schneebedeckten Bezirke so oder so unfruchtbar sein werden, kommt die Differenz für das Folgende nur insofern in Betracht, als das erwähnte

Areal, falls es in den Ansätzen enthalten ist, hier wie dort von der Rechnung abzusetzen ist.

Auf dem Lande und im Meere vollzieht sich organische Produktion, doch wird erstere stark überwiegen. Nichtsdestoweniger halte ich es für notwendig zu prüfen, ob das Verfahren meiner Vorgänger, die, soweit ich ihre Abhandlungen im Original gelesen habe, des Einflusses der Meeresvegetation mit keinem Worte gedenken, zulässig sei. Auch hier macht *Ebermayer* eine Ausnahme; er erwähnt der Meeresvegetation als eines mitwirkenden aber zahlenmäßig nicht bestimmbar Faktors.

Im Meere, wie in Gewässern überhaupt, ist zwischen der festsitzenden Vegetation, dem Benthos, und der frei schwebenden, dem Plankton, zu unterscheiden. Das Benthos, dem im Meere alle makroskopisch erkennbaren Formen angehören, ist auf geringe Tiefen beschränkt, was wegen der zur organischen Produktion notwendigen Belichtung für den hier interessierenden Teil ohne weiteres verständlich erscheint. Die Frage, welcher Teil des Meeresbodens assimilierendes³⁾ Benthos trage, habe ich in folgender Weise zu beantworten versucht. *Penck* veranschlagt die Kontinentalstufe (Tiefen bis zu 200 m) auf 5,2, *Wagner* auf 5,7 % der Erdoberfläche. Das sind, auf absolutes Maß um- oder zurückgerechnet, 26,5 und 29 Millionen km², eine Fläche an Ausdehnung derjenigen gleichkommend, die *Wagner* für das kultivierte Land angenommen hat²⁾. Unterhalb dieser — 200 Meter — Grenze wird aus Lichtmangel eine einigermaßen ergiebige photoenergetische Produktion organischer Substanz nicht statthaben können, so daß für assimilierendes Benthos allein die Kontinentalstufe zu berücksichtigen ist. Aber diese trägt keine geschlossene Pflanzendecke. Zuerst sind die tieferen Teile derselben auszuschalten. Nach Angaben, für deren Quellen ich auf *Schimper*³⁾ verweise, ist zwar in warm temperierten Meeren (Küste von Capri nach *Berthold*) der Grund in 120 bis 130 m Tiefe noch üppig bewachsen, in kalt temperierten Meeren hingegen endet die Zone, in welcher makrophytische Algen gedeihen, bereits bei etwa 40 m, für arktische Gebiete ist diese Zahl noch etwas, vielleicht auf 35 m, herunterzusetzen. Alle tiefer gelegenen Bezirke können also, da sie höchstens langsam wachsende Formen mit geringer Produktionsenergie führen, für meine Betrachtungen weggelassen werden. Der oberhalb dieser Linien gelegene Gürtel ist nicht in ganzer Ausdehnung, lückenlos, produktiv. *Reinke*⁴⁾ formuliert die hier gültige allgemeine Regel folgendermaßen: „Fester Meeres-

1) „Assimilierend“ heißt hier, wie in diesem Aufsatz überhaupt, photoenergetisch Kohlendioxid zerlegend.

2) Siehe im folgenden S. 11.

3) *Schimper*: Pflanzengeographie (1898), S. 822 und folgende.

4) *Reinke*: Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Anteils, S. 11.

1) *A. Mayer*: Agrikulturchemie, I. Band (VI. Auflage 1905), S. 77. Anmerkung.

2) Die folgenden, irdischen Dimensionen betreffenden Zahlen, wenn nicht anders bemerkt, nach *Supan*: Grundzüge der physischen Erdkunde (VI. Aufl. 1916).

grund ist bewachsen, beweglicher Meeresgrund ist unbewachsen.“ Als „fest“ haben in der Hauptsache zu gelten: Fels oder Steingrund und Sandboden, dieser jedoch nur in größeren von der Wellenbewegung unberührten Tiefen, in der Ostsee beginnend ungefähr bei einer Stufe von 10 m; als „beweglich“ einmal Schlick und daneben Sand oberhalb der genannten (Ostsee 10 m) Linie. Ruhige Buchten bilden Ausnahmen, ihr Grund trägt bei Schlick bis zu 10 m, bei Sand bis zu 17 m Tiefe Seegrassbestände. Der bewachsene Grund umfaßt demnach nur einen Teil selbst der oberen Region der Kontinentalstufe. Auf der von *Reinke* entworfenen Vegetationskarte der Ostsee deutschen Anteils schätze ich das gesamte durchforschte Areal auf 7300 km², den als „bewachsen“ gezeichneten Anteil auf 3600 km², also auf die Hälfte des Ganzen. Zwanzig Meter überschreitende Tiefen sind ausnahmsweise, das heißt an wenigen Stellen in der Signatur „bewachsen“ angelegt. Das untersuchte Becken gehört gänzlich der Flachsee an, denn die größte in der westlichen Ostsee gemessene Tiefe beträgt nicht mehr als 46 m. Wenn nun der als unbewachsen angegebene Teil nicht schlechthin als Wüste zu denken ist, so trägt andererseits der bewachsene nicht allorts eine geschlossene Pflanzendecke, das eine dürfte das andere aufheben.

In Erwägung dieser Umstände¹⁾ glaube ich, mich nicht allzuweit von der Wirklichkeit zu entfernen, wenn ich maximal $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der Kontinentalstufe für Benthosvegetation in Anspruch nehme. Das wären 7 oder 9 Millionen km² (28 Millionen²⁾) durch 4 oder 3) oder 5 bis 6% der Landfläche.

Die Produktion auf diesem Areal wird beträchtlich hinter der auf einer gleich großen Fläche Kulturlandes zurückstehen. Soweit die wenigen, die natürlichen Bedingungen unvollkommen nachahmenden Versuche ein Abwägen erlauben, wird von Meerespflanzen, bezogen auf gleiche Körperoberfläche, nur etwas wie der zehnte Teil der Kohlensäure gespalten, die Landpflanzen zu zerlegen vermögen. Es fragt sich danach, in welchem Verhältnis die Körperoberfläche luftständiger Kulturgewächse zu der einer auf gleichgroßer Bodenfläche wachsenden Vegetation submerser Algen steht. Ich glaube auch in dieser Beziehung an die Überlegenheit der Landpflanzen, nehme jedoch im folgenden mangels sicherer Unterlagen Gleichheit an.

Unter diesen Voraussetzungen wäre die Leistung des gesamten Benthos, bedeckend 7 bis 9 Millionen km² der des zehnten Teiles kultivierten Landes, also im Höchstfall 0,9 Mill. km², gleichzusetzen. Das wären wenig über 3 % der auf 27

Millionen km² veranschlagten¹⁾ Kulturlandfläche der Erde. Da ich im folgenden die im Laufe eines Jahres durch die Vegetation des Kulturlandes zerlegte Kohlensäure auf 12 bis 17 Billionen kg schätze²⁾, betrüge die Gesamtleistung des Benthos 0,4 bis 0,6 Billionen kg.

So unsicher dieser Wert sein mag — und er ist recht unsicher, zu den vorn behandelten Fehlern kam eben ohne Warnung die Übertragung eines Bruchteiles des bei der Berechnung der Erträge des Kulturlandes gemachten hinzu —, eins lehrt er, nämlich daß die Produktion des Benthos tatsächlich innerhalb des Rahmens der Fehler bei der Schätzung der Kulturlandproduktion bleibt. Denn ausgedrückt in Kilogramm zerlegter Kohlensäure beträgt der Spielraum dieser Schätzung 5 Billionen kg gegenüber einer Leistung des Benthos von nicht mehr als 0,4 bis 0,6 Billionen. Um jedoch einer Unterschätzung der Benthostätigkeit vorzubeugen, füge ich zu, daß die Atmung des ganzen Menschengeschlechtes etwa 0,5 Billionen kg Kohlensäure liefert³⁾, daß also das Benthos deren Wirkung aufheben könnte oder, vorsichtiger und darum richtiger gefaßt, die Kohlensäureproduktion der Menschheit und der Kohlensäureverbrauch des Benthos sind durch Zahlen gleicher Größenordnung auszudrücken.

Könnte ich somit für das Benthos immerhin die Größenordnung der Jahresproduktion bestimmen, so bin ich für das *Plankton* nicht einmal dazu imstande. Für dieses ist das Weltmeer in voller Ausdehnung mit Ausnahme der äußersten arktischen Zonen zu berücksichtigen, also eine Fläche, die selbst nach diesem Abzuge mehr als doppelt so groß als die Landfläche ist. In diesem weiten Gebiete wird sicherlich eine erhebliche Menge organischer Substanz erzeugt, doch ist nicht zu bezweifeln, daß der Ertrag wesentlich hinter dem des Landes zurückbleibt. Über das Verhältnis beider Produktionen kann ich nicht einmal eine Vermutung äußern, auch glaube ich nicht, daß dies anderen möglich ist, da ich zweifle, ob die quantitativen Planktonuntersuchungen den assimilierenden Teil vom zehrenden trennen, ja (konserviertes Material) vielfach in der Lage sind, dies zu tun. So sehe ich mich wohl oder übel gezwungen, das Plankton fürderhin gänzlich auszuschneiden.

III.

Für die *Vegetationsdecke des Landes* sind mir die beiden folgenden Einteilungsversuche bekannt geworden.

Der erste von *Ravenstein*⁴⁾ lautet:

¹⁾ Siehe Tabelle 2, S. 11.

²⁾ Siehe Tabelle 15.

³⁾ Siehe im folgenden.

⁴⁾ *Ravenstein*: Proceedings R. Geographical Soc. New Series 13 (1891), S. 28. Die Umrechnung in Quadratkilometer aus *Supan*: Physische Erdkunde, II. Auflage (1896), 620.

¹⁾ Denen noch zugefügt werden könnte, daß die Flachsee in den Polarmeeren einen verhältnismäßig besonders breiten Raum einnimmt.

²⁾ Mittel aus den Seite 9 mitgeteilten Werten.

Tabelle 1.

	Fruchtbares Land km ²	Steppen km ²	Wüsten km ²
Europa	7 480 000	1 727 000	—
Asien	24 034 000	10 955 000	3 108 000
Afrika	14 918 000	9 137 000	5 765 000
Australien . . .	3 022 000	3 903 000	1 590 000
Nordamerika . .	12 810 000	3 639 000	246 000
Südamerika . .	10 950 000	6 640 000	117 000
Land . . .	73 214 000	36 001 000	10 826 000

Die Polargebiete sind nicht einbezogen.

Eine andere Einteilung hat später *Wagner*¹⁾ gegeben:

Tabelle 2.

	Wald km ²	Kultur- land km ²	Steppe km ²	Ödland km ²
Eurasien . .	16 000 000	13 000 000	9 800 000	15 000 000
Afrika . . .	9 400 000	5 300 000	9 800 000	5 300 000
Australien .	1 300 000	1 400 000	3 400 000	3 300 000
Nordamerika	9 000 000	3 500 000	4 000 000	7 500 000
Südamerika .	8 000 000	3 800 000	4 000 000	2 000 000
Polargebiete	—	—	—	14 200 000
Land . . .	43 700 000	27 000 000	31 000 000	47 300 000
149 000 000				

Ich halte mich an *Wagners* Einteilung, einmal weil *Supan*, der in der zweiten Auflage seiner physischen Erdkunde *Ravensteins* Tabelle brachte, diese in der sechsten durch die *Wagnersche* ersetzt hat²⁾, und dann weil *Wagner* Wald und Kulturland trennt und namentlich weil er das Ödland höher veranschlagt als *Ravenstein*. Dies schien mir einer Rechnung, die wie die meine auf Mindestwerte hinzielt, angemessener. Übrigens stimmen die Gesamtwerte für fruchtbares Land (*Ravenstein*: 73 Millionen km, *Wagner*: 70,7 Wald und Kulturland) gut überein.

Zu untersuchen ist nunmehr die organische Produktion der einzelnen Abteilungen. Vorausschicken will ich, daß mit dem Basieren auf *Wagners*, naturgemäß nur beschränkt verlässigen, Schätzungen ein weiteres Moment der Unsicherheit eingeführt wird.

IV.

*Ebermayer*³⁾ kommt bei seinen exakten Bestimmungen der Hektarerzeugung bayerischer

¹⁾ *Wagner*: Lehrbuch der Geographie. IX. Auflage, S. 723 (abgedruckt in *Supan*: Phys. Erdkunde, VI. Auflage, S. 859).

²⁾ Siehe die beiden vorausgehenden Anmerkungen. Dazwischen liegende Auflagen habe ich nicht eingesehen.

³⁾ *Ebermayer*: Physiolog. Chemie der Pflanzen I. (1882) 41 und 52. Ausführliche Wiedergabe der Unterlagen bei *Ebermayer*: Die Lehre von der Waldstreu (1876), S. 67/68 und 78.

Wälder zu dem Ergebnis, daß ein Hektar Wald innerhalb eines Jahres im großen Durchschnitt 3000 kg Kohlenstoff⁴⁾ in organische Bindung überführe. Von diesen 3000 kg entfallen 1600 kg auf das Holz und 1400 auf die Streu (Laub, Nadeln). Im einzelnen zeigen Buchen- und Nadelwälder etwa die gleiche Leistungsfähigkeit:

Tabelle 3.

	Organisch gebundener Kohlenstoff auf dem Hektar im Jahr		
	im Holz	in der Streu	zusammen
Buchenbestände	1719	1467	3186
Fichtenbestände	1792	1196	2988
Kiefernbestände	1491	1413	2904

Dieser Befund ist wichtig, denn er berechtigt, von der Art des Bestandes abzusehen.

Die mitgeteilten Werte gelten für guten Boden (Bonität II), für geringeren (Bonität III) ermäßigen sie sich, wie ich nach Angaben *Ebermayers* anschlage, um 400 bis 800 kg.

Dürfen diese Zahlen als Maßstab für den Ertrag der Wälder der ganzen Erde genommen werden? *Ebermayer* untersuchte gut bewirtschaftete Kulturwälder. Wird „Urwald“⁵⁾ auf demselben Standort und unter denselben klimatischen Bedingungen das gleiche hervorbringen? Ich glaube dies. Der Ertrag an Nutzholz, auf welchen unsere Kulturweise hinarbeitet, wird geringer sein, Reisig, Streu, Unterholz und sonstige Bodenvegetation werden nach meiner Meinung diesen Ausfall ersetzen. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß sie, auf organische Substanz bezogen, mehr tun als dies. Denn mit dem Holze werden dem Walde Mineralstoffe entzogen, die ihm beim Fehlen jeglicher Nutzung erhalten bleiben. Anders als Urwald sind schlecht gehaltene Kulturwälder zu bewerten, zumal solche, die einer Streunutzung unterworfen sind. Diese, denen bei regelmäßiger Streuentnahme jährlich das drei- bis sechsfache an Mineralstoffen entführt wird als allein der Holzung dienenden Wäldern, werden geringere Erträge geben. Doch dürfte eine derartige Mißhandlung, die höhere Volksdichte voraussetzt, nur einem kleinen Bruchteile des Waldbestandes der Erde zugefügt werden.

Überblickt man die Wälder der Erde, so findet man solche, die reichlicher produzieren werden als die deutschen, und andere, die hinter diesen zurückstehen werden. Zu ersteren zähle ich die tropischen Regenwälder, die seit langem als Muster-

⁴⁾ Das Kohlenstoffgewicht erhält *Ebermayer*, indem er von dem nach Abzug der Asche verbleibenden Trockengewicht für Streu durchweg 45 %, für Buchenholz 50 %, für Kiefern und Fichtenholz 52 % Kohlenstoff einsetzt.

⁵⁾ Unter Urwald verstehe ich jeden sich selbst überlassenen Wald, ohne Eingriff fördernd oder hemmend seitens des Menschen. Das Merkmal besonderer Uppigkeit, das der Laie mit dem Begriff Urwald zu verbinden pflegt, ist also nicht kennzeichnend.

beispiel üppiger Vegetation figurieren. *Drude*¹⁾ bezweifelt diese Annahme im Hinblick auf die geringen Erträge des Feldbaues in heißen Klimaten. Ich kann ihm darin nicht beipflichten, sondern führe dieses Zurückbleiben der Ackererträge auf weniger rationelle Wirtschaft, in erster Linie unzureichende Düngung, zurück. Darin bestärkt mich einmal der Gedanke an die besondere Fruchtbarkeit jungfräulichen, frisch gerodeten Waldbodens und an ihr Verschwinden bei Raubbau; des weiteren die Betrachtung der stetig steigenden Erträge der deutschen Landwirtschaft, bewirkt durch Verbesserungen der Arbeitsweise, vornehmlich ausgiebigere Düngung.

Den tropischen reihe ich die subtropischen Regenwälder an. Ferner dürfte ein großer Teil der regengrünen Tropenwälder (z. B. die Monsunwälder *Schimpers*) in der gedachten Richtung dem deutschen Walde voranstehen. Andere Typen sind diesem gleichzustellen, andere endlich werden weniger hervorbringen. Hier nenne ich als äußerste Fälle Wälder, die sich polwärts oder im Hochgebirge der Baumgrenze nähern. Im übrigen unterlasse ich Einzelaufzählungen, da ich außerstande bin anzugeben, welcher Teil des gesamten Waldareals auf die einzelnen Typen entfällt. Doch halte ich es für keine übertriebene, sondern für eine eher hinter der Wirklichkeit zurückbleibende Schätzung, wenn ich, noch $\frac{1}{2}$ von *Ebermayers* Zahl abziehend — ich tue dies besonders im Gedanken an Bodeneinflüsse —, 2500 Kilogramm Kohlenstoff in der während eines Jahres erzeugten organischen Substanz als Mittel für die Leistung des irdischen Waldareals annehme.

2500 kg für den Hektar sind 250 000 kg für den Quadratkilometer, also für die 43,7 Millionen km² Waldland 10,9, rund 11 Billionen kg. Dieser jährlich festgelegten Kohlenstoffmenge entsprechen 40 Billionen kg zerlegter Kohlensäure und 23 Billionen kg gebildeter organischer Substanz²⁾.

Diesen Wert halte ich für den wahrscheinlichsten, die Grenzen immer mit der Neigung lieber zu kleine als zu große Zahlen zu bringen, setzen folgende Rechnungen. Nehme ich *Ebermayers* höhere Schätzung, 3000 kg gebundener Kohlenstoff für den Hektar und das Jahr, so ergibt dies um $\frac{1}{2}$ höhere Werte, also 13 Billionen kg Kohlenstoffbindung, 48 Billionen kg Kohlensäureverbrauch und 28 Billionen kg erzeugter organischer Substanz. Selbst dieses Resultat wird noch nicht allzusehr übertrieben sein, hat doch *Ebermayer* sich berechtigt gefühlt, die dazu benutzte Basis zur Grundlage seiner Berechnung der irdischen Gesamtproduktion zu nehmen.

Als untere Grenze möchte ich einen Hektarertrag von 2000 kg ansehen. Seine Einführung

gibt 9 Billionen kg gebundener Kohlenstoff, 32 Billionen Kohlensäure und 19 Billionen organische Substanz.

(Schluß folgt.)

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Richtung des Wanderfluges der Zugvögel Europas. Auf der Jahresversammlung der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft am 6. Oktober in Berlin hielt Oberstleutnant von *Lucanus* einen Vortrag über „die Richtung des Wanderfluges der Zugvögel Europas nach den Ergebnissen des Ringversuchs“ und führte folgendes aus:

Die große Verbreitung, die die Vogelberingung bei uns in Deutschland und im Auslande gefunden hat, und das glänzende Ergebnis, das mit dieser experimentellen Forschungsweise erzielt wurde, haben ein reichhaltiges Material geschaffen, das für die Lösung des Zugproblems von größtem Wert ist.

Den Umfang und die Bedeutung des Ringversuchs zeigen am besten folgende Zahlen: Die Vogelwarte Rossitten beringte von 1903—1917 7629 Vögel und gab außerdem 113 037 Ringe nach außerhalb ab. Im ganzen wurden von den mit Rossitener Ringen markierten Vögeln bisher 1816 Stück zurückgeliefert. Die Biologische Anstalt auf Helgoland beringte in 8 Jahren 14 172 Vögel, von denen 495 zurückgeliefert wurden, und die ungarische ornithologische Zentrale in Budapest in 8 Jahren 25 621 Vögel, von denen sie 492 zurückerhielt. In England wurden durch die Zeitschrift „British Birds“ in 5 Jahren über 46 000 Vögel und ferner durch Privatpersonen weitere 14 000 gezeichnet, mit denen gleichfalls gute Resultate erzielt wurden.

Für die Frage nach der Richtung des Wanderfluges hat die Vogelberingung ergeben, daß die meisten Vogelarten im Herbst nach Westen bzw. nach Südwesten ziehen. Möven, Seeschwalben, Schnepfen, Strandläufer, Enten, Raubvögel, Wildtauben, Nebelkrähen, Seidenschwanz, Drosseln, Star, Pirol und andere Singvögel wurden auf westlicher bzw. südwestlicher, nach England, Frankreich oder Spanien gerichteter Wanderung angetroffen.

Die südliche Zugrichtung, die man früher als die typische betrachtete, tritt dagegen nur selten in Erscheinung. Sie konnte außer bei der norddeutschen Lachmöve, die neben ihrem westlichen Küstenzuge auch südwärts nach der Adria zieht, nur bei einigen Raubvögeln, 2 Tureltauben und einer Zwergscharbe festgestellt werden.

Auch eine südöstliche und sogar eine nördliche Zugrichtung kommen vor. Erstere sehen wir beim weißen Storch, der seine im südlichen Afrika liegende Winterherberge nicht in direkt südlichem Fluge über das Mittelmeer erreicht, sondern mit einem Umweg, der für die östlich der Weser wohnenden Störche über Ungarn, Kleinasien, Palästina und das Rote Meer, für die westlich der Weser beheimateten Vögel dagegen über Frankreich, Spanien und Gibraltar geht.

Eine nördliche Zugrichtung finden wir bei den böhmischen und bayerischen Lachmöven, die keineswegs immer direkt südlich nach dem Mittelmeer wandern, wie es nach der geographischen Lage ihres Wohngebiets am natürlichsten erscheint, sondern häufig auch ihren Herbstzug in nördlicher Richtung antreten und die deutsche

¹⁾ *Drude*: Pflanzengeographie (1890), S. 231.

²⁾ Die Hälfte des gebundenen Kohlenstoffes im Holze, das 50 % davon enthalte, angenommen, die andere Hälfte in der Streu mit 45 %.

Nordseeküste aufsuchen, um dann im Verein mit ihren norddeutschen Artgenossen von hier aus westwärts nach dem Gebiet des Ärmelmeeres und den Küsten Frankreichs und Spaniens ihre Reise fortzusetzen. Dieser Zug der Lachmöwe nach Norden ist ein besonders interessantes Ergebnis des Ringversuchs, das zu der bisherigen Anschauung vom Fluge des Zugvogels in ein wärmeres Klima völlig im Widerspruch steht!

Im Vergleich zu der im Vordergrund stehenden westlichen und südwestlichen Wanderung spielen die anderen Zugrichtungen nur eine untergeordnete Rolle, da sie bisher nur bei wenig Vögeln wahrgenommen werden konnten.

Bei der Frage nach der Richtung des Wanderfluges ist folgendes zu berücksichtigen: Infolge des temperaturerhöhenden Einflusses des Atlantischen Ozeans nimmt in Europa die Wärme nicht nur von Norden nach Süden, sondern auch von Osten nach Westen zu. Infolgedessen laufen die Jahresisothermen nicht den Breitengraden parallel, sondern von Nordwest nach Südost. Die Karte der Jahresisothermen zeigt ferner, daß auch nach Südosten die Wärme zunimmt. Für den ziehenden Vogel bildet es daher keinen nennenswerten Unterschied, ob er nach Westen, Süden oder Südosten zieht. Er fliegt stets der Wärme entgegen. Diese kann daher den Vogel auch nicht auf seiner Wanderung leiten, da sie ihm gar keine bestimmte Richtung vorschreibt. Die Theorie, daß die zunehmende Wärme den Zugvogel in die Winterherberge führt, läßt sich also nicht aufrecht erhalten.

Bei dem Auffinden der Richtung scheint es sich vielmehr in der Hauptsache um einen angeborenen Instinkt zu handeln, der reflexmäßig ausgelöst wird, wie ja überhaupt die unbewußte, reflexmäßige Handlungsweise im Seelenleben der Vögel stark ausgeprägt ist. Hierfür gibt uns der Ringversuch einige sehr beachtenswerte Beispiele. So wurde ein holländischer Storch auf dem Herbstzuge in Schlesien erlegt, also auf der südöstlichen über Kleinasien und Palästina führenden Reiseroute, obwohl er nach der geographischen Lage seines Brutgebiets eigentlich den südwestlichen Weg über Gibraltar hätte nehmen müssen. Dieser Storch stammt vielleicht von einem Elternpaar, das aus einem holländischen und einem osteuropäischen Gatten bestand, die sich in der gemeinsamen Winterherberge Südafrika gepaart hatten und dann im Frühjahr zusammen nach Holland gezogen waren. Die ungleichen Eltern vererbten dann in verschiedener Weise den Zuginstinkt auf ihre Nachkommen, so daß diese entweder zusammen mit den übrigen holländischen Störchen über Gibraltar nach Afrika wanderten, oder aber die östliche über Kleinasien führende Reiseinie wählten, wie es der in Schlesien erlegte Vogel getan hatte, der sich offenbar auf diesem Wege befand.

Dieselbe Erklärung dürfte auch für zwei Störche aus Osterwiek am Harz zutreffen, von denen der eine den südwestlichen, der andere den südöstlichen Weg im Herbst einschlug. Osterwiek liegt nicht allzu weit von der Weser entfernt, die die Grenze zwischen den Störchen der beiden Zugzonen bildet. In dem Grenzgebiet mögen aber häufig Mischehen zwischen den beiden Zugtypen von *Ciconia ciconia* vorkommen, die zur Folge haben, daß beide Zugrichtungen auf die Nachkommen vererbt werden. Diese sehr interessanten Ergebnisse des Ringversuchs deuten also auf eine Erblichkeit der Zugrichtung hin, die anscheinend von dem einzelnen Individuum ganz instinktiv und unbewußt eingeschlagen wird.

Der Zug des weißen Storchs von Europa über Kleinasien nach Afrika zeigt uns, daß das Winterquartier keineswegs immer auf dem kürzesten Wege erreicht wird, sondern mitunter mit einem bedeutenden Umwege. Ein anderes typisches Beispiel hierfür bildet die Spießente (*Anas acuta* L.). Eine ausgiebige Beringung von Spießenten durch den dänischen Ornithologen Mortensen hat ergeben, daß der Zug der im nordöstlichen Rußland beheimateten Spießenten an der Nord- und Westküste Europas entlang nach dem Mittelmeer führt. Brutvögel von der Tschebkajabai erreichen die in der Luftlinie ca. 3000 km entfernte Adria auf dem 8000 km langen Küstenweg! Es ist dies zugleich die größte Wanderung, die bisher durch den Ringversuch für Enten festgestellt wurde. Diese Leistung wird nur noch vom weißen Storch übertroffen, der auf dem Zuge von Norddeutschland über Ungarn und Kleinasien nach dem Kapland ca. 10000 km zurücklegt.

In dem Zuge der europäischen Vögel, wie er sich durch den Ringversuch darstellt, lassen sich folgende Zugstraßen abgrenzen:

1. Die westliche Küstenstraße.

Sie führt längs der Küsten der Ost- und Nordsee nach dem Ärmelmeer, der Westküste Frankreichs und Spaniens bis Nordafrika. Sie wird hauptsächlich von den im nördlichen Europa wohnenden Vogelarten benutzt, wie Möwen, Seeschwalben, schnepfenartige Vögel, Enten, Kiebitz, Reiher, Löffler, Nebelkrähe, Star und Drosseln.

2. Die adriatisch-tunesische Zugstraße.

Sie führt von Ungarn längs der Küsten der Adria über Sizilien nach Tunis.

Auf dieser wandern hauptsächlich Bewohner des östlichen Europa, besonders die in Österreich und Ungarn beheimateten Vögel, wie Lachmöwe, schnepfenartige Vögel, Reiher und viele Singvögel.

3. Die italienisch-spanische Zugstraße.

Sie geht aus Österreich-Ungarn unter Umgehung der Alpen durch die Poebene nach dem westlichen Mittelmeergebiet. Auf diesem Wege treffen wir einen großen Teil derselben Vögel an, die auf der adriatisch-tunesischen Straße ziehen.

Außer diesen Küstenwegen gibt es auch ausgesprochene Landwege. So scheint nach den bisherigen Resultaten des Ringversuchs eine Binnenlandstraße aus Nord- und Mitteleuropa in südwestlicher Richtung über den Rhein nach Südfrankreich und Spanien zu führen, worauf die Erbeutung in Nord- und Mitteldeutschland beringter Raubvögel und Singvögel in diesen Gebieten hindeutet.

Alle diese Straßen verlaufen vorwiegend in westlicher bzw. südwestlicher Richtung. Die oben erwähnte westliche Tendenz des Vogelzuges tritt also hier wiederum deutlich hervor.

In der Richtung dieser Wege fällt es ferner auf, daß die Alpen umgangen werden. Unter den vielen Tausend Ringvögeln befinden sich nur wenige, von denen man einen Flug über die Alpen annehmen kann, die offenbar von den meisten Vögeln auf ihren Wanderungen vermieden werden. So läßt sich die westliche Richtung, der so viele Vögel auf ihrem Herbstzuge folgen, vielleicht mit ihrer Abneigung, die Alpen zu überfliegen, in Verbindung bringen.

Bei manchen Vogelarten entsprechen dem Brutgebiet ganz bestimmte Zuggebiete, bei anderen dagegen nicht. Ersteres trifft beim weißen Storch zu; denn die öst-

lich der Weser wohnenden Vögel wandern über Kleinasien und Palästina nach Afrika, die westlich der Weser beheimateten Vögel dagegen über Gibraltar. Im Gegensatz hierzu ziehen die Lachmöwen der Kurischen Nehrung sowohl auf der westlichen Küstenstraße, wie quer durchs Binnenland nach der adriatisch-tunesischen Straße, und von 3 bei Petersburg nestjüng bringenden Waldschnepfen wurde die eine auf dem Herbstzuge in Südkontinent, die zweite in der Pfalz und die dritte in Istrien erbeutet. Ein allgemeines gültiges Gesetz in betreff einer Abhängigkeit der Zugrichtung von der Heimat läßt sich also nicht aufstellen.

Der Rückzug im Frühjahr scheint im allgemeinen auf denselben Wege zu erfolgen wie der Fortzug im Herbst, wie durch das Ringexperiment in mehreren Fällen festgestellt werden konnte.

Die von den älteren Ornithologen aufgestellte Zugstraßentheorie wird von vielen jüngeren Ornithologen verworfen. Sie meinen, daß die Zugvögel nur einer allgemeinen Richtung folgen, ohne aber bestimmte Straßen innezuhalten. Daß diese Anschauung nicht richtig ist, wenigstens nicht für alle Zugvögel, beweisen die Ergebnisse des Ringversuchs, der für viele Vögel, wie z. B. den weißen Storch, die nordrussische Nebelkrähe und die meisten See- und Strandvögel ganz bestimmte Zugstraßen, die gesetzmäßig innegehalten werden, festgelegt hat. Freilich darf man unter einer Vogelzugstraße nicht eine schmale Linie im Sinne unserer Verkehrswege verstehen, sondern man muß sie als ein breites, aber doch begrenztes Gebiet auffassen. So verläuft z. B. der westliche Zug der nordrussischen Nebelkrähen zwischen der Küste der Ost- und Nordsee und einer Linie, die von Nordschlesien durch das Rheinland in das Innere Frankreichs führt, also über einen Raum von etwa 300 km Breitenausdehnung.

Die Zugvögel derselben Art und aus derselben Brutzone dehnen ihre Wanderungen keineswegs immer bis zu einem gleichen Endziel aus. So überwintern z. B. die ungarischen Nacht- und Schopfreier teilweise in Italien oder Nordafrika, zum Teil setzen sie ihre Reise bis Nigrien fort. Der Zugtrieb ist also individuell verschieden stark entwickelt. Hierin liegt offenbar eine zweckmäßige Maßnahme der Natur, denn sie verhindert dadurch eine Übervölkerung der Winterquartiere.

Ebenso kann auch ein Brutgebiet zugleich die Winterherberge bilden für Vögel derselben Art aus einer weiter nördlich oder weiter östlich gelegenen Gegend. Es findet dann also eine schichtweise Verschiebung der Vögel statt. So überwintern nordrussische Schnepfen häufig in England, während die englischen Brut-schnepfen zum Teil nach Spanien und Nordafrika ziehen. Dasselbe hat der Ringversuch noch für viele andere Vogelarten nachgewiesen.

Die Erfahrungen, die uns die Vogelberingung über den Vogelzug gelehrt hat, beziehen sich fast ausschließlich auf solche Vogelarten, die ihre Herbstreise nicht über das nördliche Afrika hinaus ausdehnen, während die Wanderungen derjenigen Vögel, die im äthiopischen Gebiet überwintern, mit Ausnahme des weißen Storches und weniger anderer Vögel, von der experimentellen Forschungsweise noch unberührt geblieben sind. Wenn man auch vermuten darf, daß manche der hier aufgestellten Grundsätze für die letztgenannte Klasse der Zugvögel ebenfalls zutreffen, so darf man sie doch nicht ohne weiteres verallgemeinern. So harret also der Vogelzugforschung und besonders des Ringversuchs noch manche dankbare Aufgabe, die hoffent-

lich in nicht zu ferner Zeit gelöst werden kann, wenn der Weltbrand gelöscht ist und der internationale Geist der Wissenschaft zu neuem Leben erwacht.

Autoreferat.

Die Industrie der Nebenprodukte und ihre Beziehungen zur Kohlenvergasung (F. Russig, Dipl.-Chemiker). In letzter Zeit wurde vielfach der Gedanke geäußert, daß eine restlose Vergasung der Kohle mit gleichzeitiger Nebenproduktengewinnung nicht nur vom volkswirtschaftlichen Standpunkt anzustreben sei, sondern daß hierdurch auch den Reichsfinanzen neue Einnahmequellen erschlossen werden könnten. Das Reichsschatzamt hat zu dieser Frage Gutachten von namhaften Fachleuten, darunter auch von Russig, erbeten und dieselben in der Schrift „Die rationelle Ausnutzung der Kohle“¹⁾ herausgegeben. Das von ihm unter obigem Titel veröffentlichte Gutachten erwähnt, daß die fehlenden Mengen von Erdöl in Deutschland durch die Gewinnung von Ölen aus Kohle usw. zu ersetzen wären. Tatsächlich hat in den letzten dreißig Jahren die Technik viel nach dieser Richtung getan. So wird in den meisten Kokereien die Kohle unter Gewinnung des Teers verkocht²⁾ und gleichzeitig Benzol aus den Gasen gewonnen. Seit 1915 wird auch Benzol in den größten Gasanstalten aus dem Leuchtgas abgeschieden, ferner sind große Anlagen zur Verschwelung bzw. Vergasung von Braunkohle und bituminösem Schiefer errichtet und eine große Anlage zur Verkokung von Braun- und Steinkohlenteerpech geschaffen worden, welche als Schmieröle verwendbare Öle liefert.

Diese Anlagen wurden während des Krieges zum Teil mit Reichsmitteln errichtet. Sie haben das Durchhalten ermöglicht, nachdem die im Frieden aufgespeicherten Vorräte an Ölen aufgebraucht waren. Es ist nicht zu zweifeln, daß die Reichsregierung jetzt nach Beendigung des Krieges Maßregeln treffen wird, das Fortbestehen dieser Industrien zu sichern. Damit die im Inland errichteten Anlagen zur Gewinnung der Nebenprodukte voll betrieben werden können, verlangen die Hersteller von Teererzeugnissen und Benzolen sowie die Braunkohlenteer-, Schieferöl- und Erdölindustrie, daß bei Neuregelung der Zollverhältnisse die entbehrlichen Auslanderzeugnisse einem hohen Zoll unterworfen werden. Was vorstehend für Teere, Öle und Benzol angeführt wurde, gilt auch für das bei der Destillation der Kohle erhaltene Ammoniak. Allerdings besitzt jenes Ammoniak, welches in den während des Krieges entstandenen Riesenanlagen künstlich hergestellt wird, für die Zukunft eine größere Bedeutung als das aus der Kohle gewonnene. — Der so vielfach angestrebte Ausdehnung der Verkokungs- und Vergasungsindustrie sind durch gewisse Kohlenarten, welche sich nicht zur Gewinnung von Nebenprodukten eignen, natürliche Grenzen gezogen und ferner auch dadurch, daß ein großer Teil der geförderten Kohle unter den heutigen Verhältnissen als Kohle verwendet werden muß, z. B. für Eisenbahnen, Dampfschiffe, Hausbrand und industrielle Kleinbetriebe, wenngleich es nicht an Vorschlägen mangelt, auch diese Kohlenmengen durch Koks, Öl oder Gas zu ersetzen. Es wären viele Hunderte von Millionen Mark notwendig, um in ganz Deutschland die Herstellung, Zuleitung und Vorrichtungen für die Ver-

¹⁾ Verlag Karl Heymann, Berlin 1918. Preis 4 M.

²⁾ Im Jahre 1913 bestanden in Deutschland 228 180 Öfen mit Gewinnung und 2704 Öfen ohne Gewinnung von Nebenprodukten.

brennung eines Mischgases zu schaffen, wodurch alle bisher mit Kohle beheizten Zimmer- und Kochöfen durch Gasherde ersetzt werden könnten. Ähnlich liegen die Verhältnisse in den industriellen Betrieben. Nicht überall werden sich die Mittel flüssig machen lassen, um von der Kohlenfeuerung unter dem Dampfkessel zur Beheizung desselben mit Generatorgas oder unter Ausschaltung des Dampfkesselbetriebes zum Gasmotorenbetrieb überzugehen. *Russig* berechnet, daß von den im Jahre 1913 zur Verfügung gestandenen 200 Millionen Tonnen Steinkohlen (190 Millionen Tonnen wurden gefördert und 10 Millionen Tonnen betrug die Einfuhr) 55 Millionen der Industrie¹⁾ zufließen. Diese werden allerdings schon zu einem kleinen Teile in Generatoren vergast, könnten aber mehr als bisher in Generatoren mit Gewinnung der Nebenprodukte verarbeitet werden. Für solche Neuanlagen sind ganz erhebliche Mittel notwendig, deren Verzinsung und Tilgung die Gesteungskosten der Nebenprodukte wesentlich beeinflussen. Ein Anreiz zur Vergasung dieser Kohle und damit zur Gewinnung der Nebenerzeugnisse liegt nur dann vor, wenn die gesamten Kosten der dazu erforderlichen Anlagen durch die erzeugten Nebenprodukte getragen werden können. Die Aufnahme der Vergasung der Kohle wird in den geeigneten Fällen lediglich von dem Erlös der Nebenprodukte abhängen, und ein Schutz vor den Auslandserzeugnissen durch Zölle auf Teere, Öle u. dergl. kann diese neue Industrie ermöglichen. Weiters ist zu bedenken, daß mit dem Anwachsen der Erzeugung der Nebenprodukte ein Preisrückgang stattfinden muß, woran auch ein hoher Schutzzoll nichts ändert. Besonders beim Ammoniak dürfte infolge der Gewinnung desselben aus dem Luftstickstoff eine große Wandlung der Preise nach dem Kriege eintreten, wenn nicht zum Schutze der vom Reiche aufgewendeten Kapitalien gesetzgeberisch eingegriffen wird. Nach *Russig* kann nicht davon die Rede sein, daß man die Vergasungsanlagen oder die durch dieselben gewonnenen Nebenprodukte einer besonderen Steuer unterwirft. Ihr Preis würde dadurch so gesteigert werden, daß ihre Verwendung zurückgehen und ihre Erzeugung wegen Absatzmangels eingeschränkt werden müßte, während doch, wie eingangs erwähnt, alles getan werden muß, um ihre Erzeugung zu erhöhen. *Russig* wendet sich gegen *Besemfelder*, welcher in seinen Abhandlungen behauptete, daß durch restlose Vergasung der Kohle eine Zunahme des Nationalvermögens um Milliarden zu erzielen wäre. Vor allem geht die Angreifbarkeit der Zahlen von *Besemfelder* daraus hervor, daß die von ihm bei seinen Berechnungen eingesetzte Ausbeute von 1 % der Kohle an Benzol nur bei einem kleinen Teil der heute verkokten, naturgemäß besten Koks-kohlen erreicht wird. Als Beweis führt *Russig* an, daß im Jahre 1913 bei den in den Kokereien verkokten 44 Millionen Tonnen Kohle nur 194 000 t Benzol erzeugt worden sind und nicht 500 000 t, wie *Besemfelder* unter Zugrundelegung von 50 Millionen Tonnen Kohle angibt. Diese Zahl erscheint auch unmöglich, selbst wenn man zugibt, daß im Jahre 1913 noch nicht alle Kokereien mit Benzolgewinnung ausgerüstet waren. Die Schaffung eines Monopols zwecks Einführung der von *Besemfelder* empfohlenen allgemeinen Kohlenvergasung, über deren Umfang sich derselbe großen Täuschungen hingibt, wäre eine von vornherein verlorene Sache. Denn große Gebiete der Kohlen-

verwendung kommen überhaupt nicht für die Gewinnung der Nebenprodukte in Betracht. Ferner kann eine Umänderung der Heizung an der Unmöglichkeit scheitern, an Stelle der jetzigen Einrichtungen neue zu setzen, da sich herausgestellt hat, daß in manchen solchen Fällen, bei denen die Gewinnung der Nebenprodukte leicht durchführbar wäre, so große Verluste an Heizwert eintreten möchten, daß diese Gewinnung vollständig in Frage gestellt wird. W.

Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Tome 161, 1915.

Über die Übertragung der Wirkung der Kastration auf Maisstengel durch Samen (*E. Heckel*). Kastrationsversuche an Mais haben ergeben, daß nach Entfernung der männlichen oder weiblichen Infloreszenzen die Bildung von Zucker im Stengel auf Kosten der hier abgelagerten Stärke bedeutend zunimmt. Aber schon die Entfernung der männlichen Infloreszenzen allein hat schon diese Wirkung, vorausgesetzt, daß sie früh genug vorgenommen wird, d. h. wenn man sie nur solange läßt, um die Befruchtung der weiblichen Ähren sicherzustellen. Man erhält dann außerdem noch eine normale Ernte an Körnern. Nach Durchführung dieses Verfahrens während vier aufeinanderfolgenden Jahren an derselben Maiskultur erhob sich die Frage, ob die durch diesen Eingriff hervorgerufene Rückwirkung auf die ganze Pflanze so gestaltet ist, daß sie nun durch Samen übertragbar wäre, daß man also eine neue Rasse mit zuckerhaltigem Stengel bekommen hätte. In dieser Richtung angestellte Versuche haben die Frage bejaht. Es ergab sich, daß schon Maispflanzen aus Samen von durch Kastration erhöht zuckerhaltigen Individuen, auch ohne selbst kastriert zu werden, einen wesentlich höheren Zuckergehalt aufwiesen als Exemplare aus Samen von normal gelassenen Pflanzen. Immerhin können natürlich nur fortgesetzte Kulturversuche über den Wert dieser neuen Rasse Aufschluß geben, d. h. darüber, ob der erhöhte Zuckergehalt auch beständig ist oder nicht. Es zeigt sich aber ferner, daß an diesen bereits sehr zuckerhaltigen Pflanzen auch eine späte Kastration noch eine wesentliche Vermehrung des Zuckers — in einzelnen Fällen bis aufs Doppelte — zur Folge hat.

Über histolytische Vorgänge, beobachtet während der Regeneration der Anhänge bei gewissen Orthopteren (*E. Bordage*). Untersuchungen über die Regenerationserscheinungen der Segmentalanhänge gewisser Orthopteren haben gezeigt, daß bei der Beseitigung der alten Muskulatur die Phagozytose nur eine geringe Rolle spielt, daß dagegen die fettige Degeneration dabei sehr wichtig ist. Das Fettgewebe, das auf diese Weise aus der Muskulatur entsteht, gleicht dem primären, aus einer mesodermalen Anlage entstehenden Fett zum Verwechseln, und tritt gelegentlich in Form von Netzen, gelegentlich in Form von Strängen auf. Die Kerne des auf histolytischem Wege entstehenden Fettgewebes sind die Kerne der Muskelfasern. Sie haben ihre spindelförmige Gestalt verloren, und sind sphärisch und bedeutend größer geworden. Sie teilen sich auf amitotischem Wege. Verfasser vermutet, daß die Umwandlung des Muskelgewebes in Fett durch ein Enzym erfolge, das seinen Sitz im normalen Fettgewebe hat, das er als primäres von dem durch Histolyse entstandenen sekundären unterscheidet. Er schließt dies daraus, daß die Degeneration der zu zerstörenden Muskeln immer dort beginnt, wo sie an primäres Fettgewebe anstoßen.

¹⁾ Gaswerke, Kokereien und Elektrizitätswerke sind dabei nicht eingeschlossen.

Comptes Rendus de l'Académie des Sciences des Paris, Tome 162, 1916.

Ein Fall von vollständigem, doppelseitigem und gleichzeitig funktionierendem Hermaphroditismus bei *Chrysophrys aurata* (J. Bounhiol und L. Pron). In der Bucht von Algier wurde ein Exemplar von *Chrysophrys aurata* gefangen, das einen vollständigen doppelten Geschlechtsapparat besaß, Drüsen und Kanäle, alles von vollständig normalen Dimensionen und Aussehen. Die Organe der linken Körperseite sind wesentlich besser entwickelt als die rechts. Es besteht also die von verschiedenen Fischarten schon bekannte Asymmetrie. Eine makro- und mikroskopische Untersuchung der Gonaden ließ Strukturen erkennen, die dartaten, daß die fraglichen Organe auch in funktioneller Beziehung völlig normal waren. Von besonderem Interesse war aber der aus der Untersuchung sich ergebende Schluß, daß beide Organe zur gleichen Zeit funktioniert hatten. Es handelt sich also keineswegs um den bei Fischen schon mehrfach bekannten protandrischen Hermaphroditismus.

Der Einfluß des Wasserstoffsuperoxyds auf die Keimung (E. Demoussy). Es ist Verfasser gelungen, 7 Jahre alten Kressensamen, der unter den für jungen Samen günstigsten Bedingungen nicht mehr keimte, dadurch zur Keimung zu bringen, daß er ihn in verdünntes Wasserstoffsuperoxyd brachte. Er erklärt dies dadurch, daß das Wasserstoffsuperoxyd keimtötend wirkt, dem Samen selbst aber nichts anhat. Es verhindert also, daß während der ohnehin langen Zeit, die der alte Samen zu seiner Entwicklung braucht, sich noch Bakterien entwickeln, die dem Samen, wenn er einmal zu keimen anfängt, den Sauerstoff entziehen. Andere Antiseptika können zu diesem Zweck nicht gebraucht werden, da sie den Samen schädigen. Daraus ergibt sich, daß alter Samen zwar seine Keimkraft behalten haben kann, unter den für junge Samen als optimal erkannten Bedingungen aber doch nicht keimt, dann nämlich, wenn diese Bedingungen noch günstiger sind für die Entwicklung der Mikroben, die nachher den Samen ersticken. Dies sollte bei Keimversuchen mit altem Samen berücksichtigt werden.

Untersuchungen über das Bestehenbleiben des Foramen Botalli bei einigen Haustieren (P. Chaussé). Die außerordentlich interessanten Ergebnisse gewann Verfasser durch Untersuchungen an, für den menschlichen Verbrauch geschlachteten Tieren, ausgenommen natürlich die Hunde. Das Foramen Botalli fand sich bei 161 von 530 bis zu drei Monate alten Kälbern (30 %), bei 87 von 540 Rindern (16 %), bei 11 von 522 Schafen (2 %), bei 103 von 545 Schweinen (19 %), nur bei einem einzigen Pferd von 273, und bei 3 Hunden von 63 (5 %). Bei Kalb, Rind und Schwein handelte es sich um Öffnungen, die mindestens eine 2 mm dicke Sonde, meistens aber den Zeigefinger oder den Daumen, durchlassen. Der Vergleich des Prozentsatzes der Rinder mit dem der Kälber zeigt, daß sich der Vorgang des Schließens unter Umständen über sehr lange Zeit hinzieht. Im allgemeinen kann man also sagen, daß das Foramen Botalli beim Rind, Schaf und Schwein gewöhnlich bleibt, also bei Tieren, die nicht sehr viel arbeiten. Es bleibt aber nur in seltenen Fällen beim Hund und beim Pferd, die ihren Herzmuskel im höchsten Grade beanspruchen.

Über das Erscheinen der Gewebe und Regionen in der Spitze des Phanerogamenstengels (H. Bouygués). Das Ergebnis über den Ursprung, die Entwicklung und

den Bau der pflanzlichen Gewebe faßt Verfasser folgendermaßen zusammen: 1. In der Stengelspitze der Phanerogamen kann man nur zwischen einer primären Epidermis unterscheiden und einem von ihr bedeckten, homogenen und ebenfalls primären Grundgewebe. 2. In einiger Entfernung von der Spitze bildet sich aus dem Grundgewebe ein prävasculäres Meristem. Es bildet auf dem Querschnitt einen Ring, und man erkennt es an der geringen Größe der Zellen, aus denen es besteht. 3. Was außerhalb des prävasculären Meristems vom Grundgewebe übrig bleibt, bildet immer die primäre Rinde. Was innerhalb bleibt, wenn das überhaupt der Fall ist, ist das primäre Mark.

Über die sexuellen Variationen der Infloreszenzen und Blüten bei den kultivierten *Codiaeum*-Arten (I. Chiffot). Die normalerweise monözischen Blütenstände der kultivierten *Codiaeum*-Arten können folgende Abänderungen aufweisen: 1. Bildung einer zweiten aus weiblichen Blüten bestehenden Generation auf den männlichen Infloreszenzen. 2. Umgekehrt, Bildung einer aus männlichen Blüten bestehenden zweiten Generation auf den weiblichen Infloreszenzen. 3. Bildung von ursprünglich zweigeschlechtlichen Infloreszenzen, und endlich 4. Bildung von vornherein zweigeschlechtlicher Blüten auf den ursprünglich zweigeschlechtlichen Infloreszenzen. Verfasser hält es nicht für ausgeschlossen, daß die, jeweiligen im Dezember, also kurz vor der Bildung der Infloreszenzen erfolgende Entnahme von Stecklingen irgendwie mit der Bildung dieser Variationen zusammenhänge.

Die Entwicklung der diploponden Myriapoden (H. W. Brölemann). Das Studium ostafrikanischen Materials hat dem Verfasser erlaubt, einen Irrtum hinsichtlich der Gonopoden der Unterordnung Spirostreptiden der diploponden Myriapoden zu widerlegen. Bis jetzt betrachtete man diese Organe als Umwandlungsprodukte der beiden Gliedmaßenpaare des 7. Segments, also des 8. und 9. Paares. Das Studium der postembryonalen Entwicklung eines Odontopygiden während der letzten acht Stadien erlaubt aber die Feststellung, daß nur das vordere, also 8., Paar sich im Knospenstadium durch Wachstum in Gonopoden umwandelt. Das neunte Paar dagegen, das in den ersten Stadien als Gehfuß funktioniert, wird im Lauf der weiteren Entwicklung zum Sterniten reduziert. Verglichen mit der Ontogenese der Spirostreptiden entspricht das letzte Stadium der Entwicklung der Odontopygiden schon dem vorletzten Entwicklungsstadium der Spirostreptiden: bei diesen ist der Sternit vollständig verschwunden. Zieht man in Betracht, daß die Odontopygiden, vermöge ihrer reduzierten Gliederzahl als ontogenetisch weiter vorgerückt aufzufassen sind, so ergibt sich, daß hier ein Fall von Neotenie vorliegt. Verfasser weist dann nach, daß die Neotenie überhaupt die ganze Entwicklung der diploponden Myriapoden beherrscht.

Über Pollenbildung (J. Guignard). Verfasser hat außer den schon bekannten noch weitere Ausnahmen von der Regel gefunden, daß bei den Monokotyledonen die Bildung des Pollens aus der Pollenmutterzelle immer durch sukzedane Zweiteilung vor sich gehe. Es betrifft dies Formen aus der Gruppe der Aloineen (*Aloe*, *Haworthia*, *Gasteria* und *Apicra*) und Iridaceen (7 Spezies von *Iris*, ferner *Sisyrinchium*, *Antholyza*, *Freesia*, *Ixia* und *Montbretia*), ferner einige Gladiolen. Bei allen diesen untersuchten Arten ist eine simultane Vierteilung festgestellt worden. (*Compt. Rend. T. 160, 1915*).
E. Rudin.



Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 2.

10. Januar 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Ueber Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Physik. (Schluß.) Von Prof. Dr. J. v. Kries, Freiburg i. B. S. 17.

Die jährliche Gesamtproduktion der grünen Pflanzendecke der Erde. (Schluß.) Von Prof. Dr. H. Schroeder, Kiel. S. 23.

Zuschriften an die Herausgeber:

Kristallmutationen. Von Hans Heller, Blankenese. S. 29.

Erwiderung. Von A. Johnsen, Kiel. S. 30.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Entstehung der Hochfrequenzspektren und den Aufbau der Atome. Ueber Neigungen von Wolkenschichten. Nächtliche Abkühlung der Luft am Boden. Ueber die Laichwanderung der Seeforelle. Der Einfluß kurzer und schwacher Temperaturerhöhungen auf den Verlauf von Gärungen. S. 30—32.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Klinische Chemie

Von

Professor Dr. med. **L. Lichtwitz,**

ärztlicher Direktor am Städtischen Krankenhause zu Altona

Mit 13 Textfiguren

Preis M. 14.—; gebunden M. 16.60

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 39, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt 80 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	50 maliger Wiederholung
	10	20	30	40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050–53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. – Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Kurzes Lehrbuch der physiologischen Chemie

Von

Dr. Paul Hári,

a. o. Professor der physiologischen und pathologischen Chemie an der Universität Budapest

Mit 3 Textabbildungen

Preis M. 12.—; gebunden M. 14.60

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

10. Januar 1919.

Heft 2.

Über Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Physik.

Von J. v. Kries,

Professor der Physiologie zu Freiburg i. B.

(Schluß.)

III. Kinetische Theorie der Gase.

In der kinetischen Theorie der Gase (auf die ich mich hier beschränke) wird bekanntlich von der Annahme ausgegangen, daß für das Zusammenprallen der frei durcheinander fahrenden Moleküle bestimmte mechanische Gesetze, diejenigen des elastischen Stoßes, gelten, im übrigen aber die Bewegungen und Anordnungen der einzelnen Moleküle durch keine allgemein angebbare Regel bestimmt sind. — Ohne weiteres ist ersichtlich, daß die hiermit gegebenen Verhältnisse mit denjenigen der Zufallsspiele in wichtigen Hinsichten übereinstimmen. Zunächst ist das insofern der Fall, als auch hier überaus geringe Änderungen in den vorausgehenden Umständen weit größere Unterschiede in dem folgenden Verhalten bedingen. Es mögen zwei Moleküle an solchen Orten und in solcher Bewegung sich befinden, daß sie zusammenstoßen, wodurch dann eine sehr starke Veränderung ihrer Bewegungen bewirkt wird. Denken wir uns ihr vor dem Zusammenstoß bestehendes Verhalten ungemein wenig modifiziert, so wird dies genügen, um zu veranlassen, daß sie nicht zusammenstoßen, sondern aneinander vorbeifliegen. Noch kleinere Variierungen würden genügen, um den Stoß mehr oder weniger exzentrisch zu machen und damit gleichfalls seinen Erfolg stark zu ändern. So entsprechen denn größere Unterschiede im Verhalten späterer Zeitpunkte minimalen Differenzen gegenwärtigen Verhaltens. Eine Vorausberechnung des Geschehens wird daher unmöglich sein, sobald (wie dies stets der Fall ist) unsere Kenntnis gegenwärtigen oder früheren Verhaltens nur mit dem geringsten Maß von Ungenauigkeit behaftet ist. Der Gang der Dinge hängt von den unserm Erkennen völlig entzogenen Einzelheiten ab, er ist in ganz ähnlicher Weise, ja in noch viel strengerem Sinne als bei den hiernach benannten Spielen, Sache des Zufalls. — Dazu kommt als ein zweiter Umstand die enorme Zahl, in der unter den Bedingungen unserer Beobachtung die gleichen Gebilde gegeben sind und die gleichen Vorgänge sich wiederholen. Insbesondere wirken auch auf unsere Sinnesorgane in einheitlicher und keine weitere Unterscheidung gestattender Weise überall Teile von solchen Abmessungen, daß in ihnen die Zahl der Moleküle noch eine überaus große ist. So ge-

winnen denn die unserer Beobachtung zugänglichen Verhaltensweisen durchweg die Bedeutung von *Gesamtergebnissen* sehr zahlreicher, unter den gleichen allgemeinen Bedingungen stehender Fälle!).

Eine einfache Überlegung lehrt ferner auch hier, daß gewisse Erscheinungen, die wir regelmäßig beobachten, sich nicht aus den angenommenen Bewegungsgesetzen als notwendiges Ergebnis ableiten lassen. Wir finden z. B. stets, daß, wenn zwei Körper ungleicher Temperatur sich berühren, die Wärme von dem wärmeren zum kälteren Körper übergeht. Der entgegengesetzte Vorgang, daß von zwei sich berührenden Gas-mengen die wärmere noch wärmer, die kältere noch kälter würde, ist ohne Widerspruch zu jenen Gesetzen denkbar und kann in diesem Sinn als möglich bezeichnet werden. Aber es könnte das nur eintreten, wenn „zufällig“ gerade die langsamer fliegenden Moleküle des warmen mit den schneller fliegenden des kalten Gases zusammenträfen, kurzum bei gewissen ganz besonderen Anordnungen der Orte und Geschwindigkeiten, also bei Bedingungen, die enorm unwahrscheinlich sind. Auch bei den Zufallsspielen finden wir ja nun, daß in den Gesamtergebnissen der Massenerscheinungen sich gewisse numerische Verhältnisse mit voller Regelmäßigkeit bemerklich machen, daß Abweichungen davon, wiewohl im strengen Sinne nicht als unmöglich zu bezeichnen, doch tatsächlich nicht beobachtet werden. Und die Theorie der Zufallsspiele gipfelt gerade darin, dieses auf den ersten Blick widerspruchsvolle Verhalten in befriedigender Weise aufzuklären. So erscheint denn der Gedanke berechtigt, daß alle Regelmäßigkeiten, die wir in der Physik der Gase beobachten, in der gleichen Weise wie diejenigen, die uns bei den Massenerscheinungen der Zufallsspiele bekannt sind, aufzufassen und verständlich zu machen sein werden. Und es wird sich fragen, ob es gelingt, diese Vorstellung durch eine spezielle Betrachtung der hier gegebenen Vorgänge (das Durcheinanderfahren und Zusammenstoßen der Moleküle) in einer ähnlichen Weise auf der Grundlage der Spielraums-Theorie durchzuführen und zu begründen, wie das für die Zufallsspiele, insbesondere ein ideales Zufallsspiel, geschehen ist. Es müßte also vor allem gezeigt, d. h. aus den gemachten allgemeinen Annahmen hergeleitet werden, daß das, was wir regelmäßig stattfinden sehen, wiewohl es sich aus den Ge-

1) Von den besonderen Erscheinungen, die bei extremen Verdünnungen auftreten, darf hier abgesehen werden.

setzen des Geschehens nicht ableiten läßt, einem überwiegenden Spielraum in den Gestaltungen der bedingenden Umstände entspricht¹⁾). Hierdurch würden dann ganz in der für die Zufallsspiele dargelegten Weise jene Regelmäßigkeiten in dem Sinne, wie dies überhaupt angängig ist, erklärt, zugleich auch unsere, die gleichen Regelmäßigkeiten für alle zukünftigen Fälle erwartenden Annahmen legitimiert sein. Wie weit dieses zurzeit möglich ist, mögen die folgenden Betrachtungen lehren. Es versteht sich, daß wir uns dabei auf die in der kinetischen Gastheorie geläufigen und wichtig gewordenen Ableitungen zu stützen haben werden, daß es aber allerdings notwendig sein wird, eben weil diese nicht von dem Gedanken der Spielräume ausgehen, sie in gewissem Maße umzudeuten und zu modifizieren.

Es soll hier zunächst der Fall ins Auge gefaßt werden, daß ein Gasquantum dauernd in eine adiabatische Hülle eingeschlossen ist, somit die Menge des Gases, seine äußere Begrenzung und die durch die Bewegung seiner Moleküle repräsentierte Energiemenge als „konstante Bedingungen“ gegeben sind. Wir können hier zunächst die Frage stellen, welchen Bruchteil der ganzen, innerhalb dieser Bedingungen denkbaren Verhaltensweisen irgend ein bestimmter Zustandsbereich darstellt. Diesen letzteren hätten wir uns, wenn wir alle den Zustand des Gases bestimmenden Werte (also die erforderlichen Bezeichnungen für den Ort, für Größe und Richtung der Geschwindigkeit jedes Moleküls) mit $p_1 p_2 p_3 \dots$ bezeichnen, so definiert zu denken, daß für jeden ein Wert zwischen p und $p + dp$ bestehen soll. Nennen wir den so definierten Zustandsbereich dS , so kann zunächst als selbstverständlich gelten, daß seine Größe dem Produkt aller jener Werte dp proportional zu setzen sein wird. Nun ist zu beachten, daß wir statt jedes in die Bestimmung des Gases eingehenden Werts p auch eine beliebige Funktion von p , $\varphi(p)$ zugrunde legen können. Kann also dS zunächst nach dem Produkt der dp bewertet werden, so kann es auch ebensowohl den Differentialen $d\varphi(p)$ oder $\psi(p)dp$ proportional gesetzt werden, worin auch ψ irgend

eine beliebige Funktion bedeutet. Es zeigt sich also, daß der Bruchteil, den irgend ein bestimmter kleiner Zustandsbereich von der Gesamtheit aller denkbaren Verhaltensweisen ausmacht, zunächst nicht eindeutig bestimmt ist, sondern in der mannigfaltigsten Weise bewertet werden kann. — Anders stellen sich nun aber die Dinge dar, wenn wir nicht nur einen bestimmten Zeitpunkt, sondern zugleich auch diejenigen Zustände ins Auge fassen, aus denen er sich nach Maßgabe der Bewegungsgesetze als Folge ergeben mußte. Schon bei der Betrachtung der Zufallsspiele war dieser Punkt zu beachten gewesen. Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit eines gegenwärtigen Verhaltens oder eines jetzt eintretenden Erfolges kann nicht anders bewertet werden als die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit derjenigen vorausgehenden Zustände, aus denen sich dieses Verhalten, dieser Erfolg im gegenwärtigen Zeitpunkt ergibt. Eben deswegen war besonderer Wert darauf zu legen, daß die dort ermittelten Größenverhältnisse *ursprüngliche* sind, d. h. auch für die entfernteren Vorbedingungen in eben derselben Weise gelten, wie für die dem Erfolg unmittelbar vorangehenden und ihn bestimmenden Umstände. Hier liegen nun die Dinge insofern anders, als, wenn wir rückwärts verfolgen, wie sich ein gegenwärtiges Verhalten entwickelt hat, wir auch da immer wieder die gleiche Art von Verhaltensweisen, die sich durcheinander bewegenden und zusammenstoßenden Moleküle, antreffen.

Um ein Maß für die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit eines Verhaltensspielraums zu gewinnen, müssen wir also seine Größe in der Weise bewerten, daß sie auch für alle diejenigen zutrifft, die ihm den Bewegungsgesetzen gemäß als Antezedentien oder als Folgen zugehören¹⁾.

Es zeigt sich nun sogleich, daß die Bewertung der Spielräume durch diese Anforderung eindeutig bestimmt wird, m. a. W., daß es nur eine Bestimmung jener zunächst offen gebliebenen Funktionen ψ gibt, die dieser Forderung genügt. Wir müssen nämlich zunächst beachten, daß das Größenverhältnis sehr annähernd übereinstimmender Zustände unter allen Umständen als fixiert gelten kann. Denn für zwei solche werden die in die Größenbemessung eingehenden ψ -Werte unter allen Umständen nahezu gleich sein. Ihr Größen-Verhältnis kann daher auch bei wechselnder Bestimmung der ψ -Funktionen keine erhebliche Änderung erfahren. Weiter aber ist jene vorhin schon berührte eigenartige Natur der Vorgänge insbesondere beim Zusammenstoß in Betracht zu ziehen. Sie bringt es mit sich, daß den sehr wenig verschiedenen Teilen eines Zustandsbereiches sowohl als Folgen wie

¹⁾ In gewissem Sinne könnte man sich freilich auch mit jener Behandlung begnügen, die wir eine empirisch-statistische genannt haben. Man könnte sagen, es sei berechtigt, eben aus dem regelmäßigen Eintreten gewisser Erscheinungen zu schließen, daß sie einem überwiegenden Spielraum bedingender Umstände entsprechen. Es würde dann jene deduktive Begründung der Wahrscheinlichkeitsansätze fehlen, deren Heranziehung unser Verständnis der Zufallsspiele in wertvoller Weise vervollständigte. Wir würden in einer ähnlichen Lage sein, wie bei einem Zufallsspiel, dessen allgemeine Bedingungen uns zunächst nicht bekannt sind, vielmehr erst aus dem Gesamtergebnis zahlreicher Fälle erschlossen werden. Indessen versteht sich doch, daß diese intellektuelle Lage gerade hier nicht vollkommen befriedigen kann. Denn die Voraussetzungen für eine deduktive Behandlung sind durch die physikalischen Annahmen vollständig gegeben. Wenn sie trotzdem nicht gelingt, so bedeutet dies, daß wir ein rein mathematisches Verhältnis, von dessen Bestehen wir überzeugt sind, nicht erweisen können.

¹⁾ Die hier formulierte Forderung steht scheinbar im Widerspruch mit der geläufigen Anschauung, daß weniger wahrscheinliche Zustände in immer wahrscheinlichere übergehen. Der Widerspruch löst sich bei der genaueren Betrachtung dieses Satzes, auf die wir unten zurückkommen.

auch als Antezedentien ganz verschiedene Verhaltensweisen zugehören. Denken wir uns, um dies zu veranschaulichen, die Zustände in einem Zeitpunkt als Flächenteilchen einer horizontalen Ebene, die zeitlich voraufgehenden und folgenden als darüber und darunter geschichtete Ebenen, deren Flächenteilchen wiederum die gleiche Bedeutung haben mögen. Denken wir uns ferner die Art, wie die Zustände den Bewegungsgesetzen entsprechend ineinander übergehen, durch Fäden dargestellt, die die aufeinanderfolgenden Lagen verbinden, so wird das, was in einer Schicht einen kleinen Zustandsbereich bezeichnet, also als ein kleines Feld dargestellt ist, schon in der nächsthöheren und nächsttieferen Schicht in eine große Anzahl z. T. weit auseinanderliegender Fäden aufgelöst sein. Und verfolgen wir die Gesamtheit dieser Fäden weiter, sei es vor-, sei es rückwärts, so finden wir eine Auflösung in immer feinere und feinere, immer mannigfaltiger durcheinander gemischte Fäden. Denken wir uns nun zwei stark verschiedene Zustandsbereiche des gegenwärtigen Zeitpunkts, dS und dS' , in dieser Weise verfolgt, so werden wir stets früher oder später irgendwo den Fall verwirklicht bekommen, daß, figürlich gesprochen, ein dem einen und ein dem anderen zugehöriger Faden in sehr nahe Benachbarung kommen. Da nun die Größenverhältnisse sehr nahe benachbarter Verhaltensweisen als eindeutig bestimmt gelten können, so ist damit die Bewertung der beiden, dS und dS' angehörigen Fäden festgelegt. Da aber diese in dem ursprünglich ins Auge gefaßten Zeitpunkt einen fest bestimmten Teil der ganzen kleinen Bereiche dS und dS' ausmacht, so ist damit auch das Größenverhältnis von dS und dS' festgelegt. *Die mannigfache Durcheinandermischung derjenigen Zustände, die zwei gegenwärtigen stark verschiedenen Verhaltensweisen als ihre Vorbedingungen zugehören, gewinnt also hier dieselbe Bedeutung wie bei den gewöhnlichen Zufallsspielen die regelmäßige periodische Wiederholung des Erfolges bei kleinen Wechseln der bedingenden Umstände; auf ihr beruht es, daß eine ganz bestimmte Größenbewertung in zwingender Weise als Maß für die Möglichkeit eines Verhaltensbereiches gegeben ist.*

Es hat keine Schwierigkeit, jene Wahrscheinlichkeitsfunktionen auf dieser Grundlage wirklich zu bestimmen. Verfolgen wir zunächst die Verhältnisse eines Moleküls, das ohne Zusammenstoß, also ohne Änderung seiner Geschwindigkeit weiterfliegt, so ergibt sich leicht, daß der obigen Forderung genügt wird, wenn wir, wie es üblicherweise geschieht, jeden Ort und jede Geschwindigkeitsrichtung als gleich möglich betrachten, genauer gesagt, die Möglichkeit des Raumbezirks demjenigen Bruchteil gleich setzen, den er von dem gesamten von dem Gase eingenommenen Raum ausmacht, und ebenso die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die Richtung der Bewegung innerhalb eines körperlichen Winkels

liege, gleich dem Bruchteil, den dieser körperliche Winkel von der Gesamtheit der möglichen Richtungen, 4π , ausmacht.

Man sieht dies am einfachsten für unendlich kleine Spielräume ein, welche durch zwei auf der Geschwindigkeitsrichtung senkrechte Flächenelemente dF_1 und dF_2 (vergl. die nebenstehende Figur) und einen solchen Spielraum der Geschwindigkeits-Richtung bestimmt sind, daß die Richtung von jedem Punkt des Elements dF_1 nach jedem des Elements dF_2 möglich ist. Dann ist für den Anfang des betreffenden



den Zeitraums der Verhaltens-Spielraum gegeben durch dF_1 multipliziert mit dem körperlichen Winkel, in welchem dF_2 von dF_1 aus gesehen erscheint; für das Ende des Zeitraums durch dF_2 multipliziert mit dem körperlichen Winkel, in welchem dF_1 von dF_2 her gesehen erscheint. Beide Produkte sind einander gleich. Bei der Fortbewegung ohne einwirkende Kräfte ändert sich also der in der obigen Weise gemessene Spielraum nicht. Ebenso ändert er sich auch nicht bei einer Reflexion nach dem idealen Gesetz des elastischen Stoßes an einer festen Wand (Gleichheit des Einfallswinkels und Reflexionswinkels, unveränderte Geschwindigkeit).

Etwas verwickelter gestalten sich die Verhältnisse für den Fall eines Zusammenstoßes zweier Moleküle, und wir kommen hiermit auf die bekannte und wichtige von Boltzmann gegebene Ableitung der Maxwell'schen Formel für die Verteilung der Geschwindigkeiten. Fassen wir in der Bezeichnung S einen sehr kleinen Zustandsbereich eines Moleküls zusammen (der also als das Produkt der Differenziale eines Raumteils, eines körperlichen Winkels und der Geschwindigkeit auszudrücken wäre), so wird die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Zustand innerhalb dieses Bereiches liege, $= S\varphi(c)$ zu setzen sein, worin c die Geschwindigkeit, φ eine zu suchende Funktion bedeuten würde. Um nun diese zu ermitteln, können wir die entsprechende Betrachtung auf ein Molekülpaar und auf den Vorgang eines Zusammenstoßes ausdehnen. Die Wahrscheinlichkeit, daß von irgend einem solchen Paare das eine innerhalb eines, das andere innerhalb eines anderen Zustandsbereiches sich befindet, ist gleich dem Produkt der beiden einzelnen Wahrscheinlichkeiten. Auch hier ist nun die zu stellende Forderung die, daß die Wahrscheinlichkeit eines (kombinierten) Verhaltensbereiches vor dem Zusammenstoß und des ihm zugehörigen nach dem Zusammenstoß gleich angesetzt werden muß.

Wir können uns nun den Vorgang eines Zusammenstoßes in der Weise variert denken, daß für beide Moleküle sehr kleine Änderungen des vor und nach dem Zusammenstoß stattfindenden Verhaltens (in bezug auf Ort, Bewegungsrichtung und Geschwindigkeiten) in Betracht gezogen werden. Bezeichnen wir analog der soeben allge-

mein getroffenen Festsetzungen den Zustandsbereich des einen und anderen Moleküls vor dem Zusammenstoß mit S_a und S'_a , die entsprechenden Werte nach dem Zusammenstoß mit S_p und S'_p , ferner die Geschwindigkeiten beider Moleküle vor und nach dem Zusammenstoß mit c_a und c'_a sowie c_p und c'_p , so erhält die obige Forderung die Form

$$S_a \cdot S'_a \varphi(c_a) \varphi(c'_a) = S_p \cdot S'_p \varphi(c_p) \varphi(c'_p).$$

Die rein mechanische, von den Stoßgesetzen ausgehende Betrachtung, in der der Kernpunkt der Boltzmannschen Ableitung zu erblicken ist, lehrt nun, daß S_a , S'_a nicht gleich S_p und S'_p ist. Vielmehr verhalten sich die Produkte der Zustandsbereiche vor und nach dem Zusammenstoß umgekehrt wie die Produkte der vor und nach dem Zusammenstoß bestehenden Geschwindigkeitsquadrate:

$$\frac{S_a \cdot S'_a}{S_p \cdot S'_p} = \frac{c_p^2 \cdot c_p'^2}{c_a^2 \cdot c_a'^2}.$$

Es muß daher

$$\frac{\varphi(c_a) \varphi(c'_a)}{\varphi(c_p) \varphi(c'_p)} = \frac{c_a^2 \cdot c_a'^2}{c_p^2 \cdot c_p'^2}$$

gesetzt werden, eine Beziehung, der die Maxwell'sche Funktion genügt und aus der sie sich ableiten läßt¹⁾.

Die obige Berechnung lehrt, das unter der gemachten Voraussetzung (dauernde Einschließung einer Gasmasse in eine adiabatische Hülle) für jedes Molekül jeder Ort und jede Richtung der Geschwindigkeit gleich möglich ist, die Möglichkeit verschiedener Geschwindigkeiten aber sich nach der bekannten Maxwell'schen Funktion bestimmt. Gilt dies für jedes der enorm zahlreichen Moleküle, die vorhanden sind, so ergibt sich nach dem Gesetz der großen Zahlen, daß diejenigen Zustände, die wir kurz als eine gleichmäßige Verteilung der Massen und der Energie und als eine Verteilung der Geschwindigkeiten nach der Maxwell'schen Formel bezeichnen können, einen der Einheit nahekommenden Bruchteil des ganzen durch die Dauerbedingungen zugelassenen Spielraums ausmachen²⁾. Dabei ist zu betonen, daß bei

der Bewertung der Spielraumsgrößen der Art, wie gegenwärtige Zustände aus früheren hervorgehen, Rechnung getragen ist: das Größenverhältnis zweier Spielräume gegenwärtigen Verhaltens ist zugleich dasjenige ihrer Antezedentien. Ja, es ist gerade diese Forderung, aus der die Bewertung der Spielraumsgrößen sich zwingend ergibt.

Wir können die gestellte Aufgabe hiermit als in der Hauptsache gelöst ansehen; die herkömmliche Betrachtung läßt sich aus dem Spielraumsprinzip herleiten und auf dieser Grundlage legitimieren; das, was wir mit voller Sicherheit erwarten und was wir immer eintreten sehen, entspricht in der Tat einem überwiegenden Spielraum der denkbaren Verhaltensweisen.

Für eine vollständige Abschließung der Theorie fehlt nun aber doch noch ein wesentlicher Punkt. Eine Möglichkeit, die als Bruchteil aller überhaupt denkbaren Gestaltungen angegeben ist, wird ja für unsere Erwartungen nur dann maßgebend sein, wenn unser Wissen auch unvollständig oder ungenau genug ist, um die Gesamtheit aller denkbaren Gestaltungen gleichermaßen zuzulassen. Dies würde also etwa für den idealen Fall zutreffen, daß uns über den Zustand des Gases außer den konstanten allgemeinen Bedingungen schlechterdings gar nichts bekannt ist. Im allgemeinen werden wir aber über das gegenwärtige, eventuell über ein früheres Verhalten des Gases allerhand wissen, oder wir sind mindestens leicht in der Lage, einiges festzustellen, z. B. eine erkennbar gleiche oder ungleiche Temperaturverteilung, Strömungsverhältnisse und dergl. Der praktisch interessierende Fall ist also der, daß uns außer den konstanten allgemeinen Bedingungen noch Weiteres, namentlich in bezug auf einen Anfangszustand, bekannt ist. Die prinzipielle und maßgebende Annahme, die die Betrachtung dieser Vorgänge beherrscht, besteht ja nun darin, daß für diejenigen Wahrscheinlichkeits-Erwägungen, die entferntere Zeitpunkte betreffen, all das, was wir von dem gegenwärtigen Zeitpunkte wissen, ohne Belang sei, jene vielmehr immer ebenso anzusetzen sind, wie wenn uns über das Verhalten, abgesehen von den sich dauernd erhaltenden Bedingungen, gar nichts bekannt wäre. In der Tat verfahren wir nach dieser Regel. Ist uns bekannt, daß im Augenblick eine ungleiche Verteilung von Temperatur oder Dichte besteht, so nehmen wir an, daß zufolge der mannigfaltigen Durcheinandermischung, die durch das Durcheinanderrufen und Zusammenstoßen der Moleküle herbeigeführt wird, die Bedeutung dieses Umstandes für spätere Zeitpunkte schwindet, und daß wir

¹⁾ Boltzmann selbst hat seine Ableitung des Maxwell'schen Verteilungsgesetzes etwas abweichend aufgefaßt und dargestellt; die obige Darstellung ist also eine jener vorhin erwähnten „Umdeutungen“. Eine solche ist m. E. notwendig, da sich gegen die Boltzmann'sche Darstellung begründete Bedenken erheben lassen. Vgl. darüber *Prinzipien* S. 198 f. und *Logik* S. 625 f. Es scheint mir nicht erforderlich, hier des genaueren darauf einzugehen. Hier genügt der Nachweis, daß sich das Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung auf der Grundlage der Spielraumtheorie in einer durchsichtigen Weise ableiten läßt, und zwar gerade aus der Forderung, daß die Möglichkeiten solcher Zustände, die sich den Bewegungsgesetzen gemäß aneinander schließen, gleich bewertet werden müssen.

²⁾ Diese Betrachtung ist freilich insofern nicht ganz streng, als die dabei vorausgesetzte vollkommene Unabhängigkeit der einzelnen Moleküle nicht absolut zutreffend ist. Die Anwesenheit eines an einer bestimmten Stelle schließt ja die Anwesenheit eines zweiten an der nämlichen Stelle oder in einem sehr kleinen sie umgebenden Bezirk aus. Auch die Ge-

schwindigkeiten sind insofern nicht völlig unabhängig, als die Gesamtwerte aller kinetischen Energien einen bestimmten festen Betrag ergeben müssen. Eine Durchführung der Berechnung unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse stößt auf wohl unüberwindliche mathematische Schwierigkeiten. Es läßt sich aber auch übersehen, daß das Gesamtergebnis sich von dem nicht unterscheiden wird, das wir ohne Berücksichtigung jener Zusammenhänge erhalten.

für diesen das erwarten dürfen, was *an sich*, d. h. bei ausschließlicher Kenntnis der Dauerbedingungen, das Wahrscheinlichste ist.

Um die Bedeutung dieser Verhältnisse klarzulegen, muß man zunächst beachten, daß, wenn für den gegenwärtigen Zeitpunkt irgend etwas Spezielleres über den Zustand des Gases bekannt ist, somit nicht alle überhaupt denkbaren Gestaltungen in Frage kommen, damit auch für alle späteren Zeitpunkte gewisse Verhaltensweisen ausgeschlossen werden, und nur diejenigen in Frage kommen, die die gesetzmäßige Entwicklung der für den gegenwärtigen Zeitpunkt zugelassenen sind. Weiter ist zu beachten, daß, wenn wir hinsichtlich des Anfangszustandes etwas wissen, unsere Kenntnis doch unter allen Umständen eine ungenaue ist, und einen gewissen Bereich von Verhaltensweisen, wenn auch nicht alle überhaupt denkbaren, offen läßt. Auch für einen späteren Zeitpunkt ist also durch die Kenntnis des Anfangszustandes niemals ein genau bestimmtes Verhalten festgelegt; vielmehr werden nur *zugelassene* und *ausgeschlossene Bereiche* zu unterscheiden sein. Endlich ist noch zu berücksichtigen, daß auch die Möglichkeits-Erwägungen für spätere Zeitpunkte sich niemals auf ein genau bestimmtes Verhalten, sondern immer auf irgendwelche Zustandsbereiche beziehen. Die uns hier beschäftigende Annahme, auf Grund deren es berechtigt ist, die Anfangszustände außer Betracht zu lassen, wäre dann dahin zu formulieren, daß für zwei beliebige Verhaltensbereiche die durch unsere Kenntnis des Anfangszustandes zugelassenen Teile immer mit größter Annäherung in demselben Verhältnis stehen müssen wie die ganzen Bereiche. Man kann das auch so ausdrücken, daß irgend ein erkennbares Verhalten des gegenwärtigen Zeitpunkts niemals eine Begünstigung für ein erkennbares Verhalten eines späteren Zeitpunkts darstellt. Sehr einfach läßt sich das mit der vorhin benutzten figürlichen Darstellung veranschaulichen. Den bekannten Anfangszustand können wir durch irgend ein kleines Feld der dem gegenwärtigen Zeitpunkt entsprechenden Horizontalebene darstellen. Unsere Annahme würde behaupten, daß die von ihm ausgehenden Fäden sich allmählich derart über die ganzen Ebenen verbreiten, daß sie nirgends in Feldern von endlicher Größe dichter oder weniger dicht vertreten sind als dies durchschnittlich in der ganzen Fläche der Fall ist.—Ein solcher Nachweis ist bisher nicht geliefert worden. Ob er erbracht werden kann, wage ich nicht zu beurteilen. Jedenfalls dürfte er wohl mit eigenartigen mathematischen Schwierigkeiten verknüpft sein und eigenartige mathematische Betrachtungen verlangen. Auch ohne ihn werden wir freilich an der Richtigkeit der betreffenden Annahme zu zweifeln gewiß keinen Anlaß haben. Sie wird vielmehr durch die Beobachtungen selbst, also in jener Weise, die wir vorhin als eine empirisch-

statistische bezeichneten, als sichergestellt gelten können. Und so wäre denn das Fehlen jenes mathematischen Nachweises wohl als ein gewisser Mangel an mathematischer Eleganz und Abrundung zu bezeichnen, durch den aber die Korrektheit der ganzen Betrachtung nicht in Frage gestellt wird.

Übrigens stellt sich die hier noch zu wünschende Ergänzung noch anders dar, wenn man beachtet, daß der in Betracht gezogene Fall, die dauernde Einschließung des Gases in eine adiabatische Hülle, wobei jedes an die Hülle anprallende Gasmolekül mit unveränderter Geschwindigkeit zurückgeworfen wird, ja eigentlich eine ideale Fiktion bedeutet. In Wirklichkeit besteht ja die Hülle stets aus leitenden und demgemäß auch von außenher wieder beeinflussbaren Körpern. Und so ist der spätere Zustand eines Gases niemals durch seinen Anfangszustand allein, sondern durch einen Umfang ebenfalls nicht genau bekannter Verhaltensweisen bestimmt, der immer größer und größer wird, je spätere Zustände in Betracht gezogen werden. Im Hinblick hierauf wird denn wohl überhaupt kein Verhalten des Gases als durch die bekannten Verhältnisse ausgeschlossen, sondern alle überhaupt denkbaren auch als zugelassene zu betrachten sein. Aber auch dafür, daß unter diesen Umständen alles, was hinsichtlich des Anfangszustandes bekannt ist, für die späteren Zustände außer Betracht bleiben darf, könnte wohl ein strenger Beweis gewünscht werden. Einen solchen zu erbringen, ist mir nicht in befriedigender Weise gelungen. Es mag berufeneren Kräften überlassen werden, ihn zu liefern, oder auch zu beurteilen, ob er überhaupt geführt werden kann.

Die obigen Darlegungen genügen, um zu zeigen, daß die wichtigen und schon durch ihre empirische Fruchtbarkeit bewährten Untersuchungen der Physiker sich von unserem Standpunkte aus wohl verständlich machen und dem Rahmen unserer Wahrscheinlichkeitstheorie einfügen lassen. Sie zeigen namentlich, daß es keiner logischen Beanstandung unterliegt, wenn wir gewisse tatsächlich beobachtete Regelmäßigkeiten, statt auf Gesetze im eigentlichen Sinne, auf Wahrscheinlichkeiten oder, besser gesagt, auf Spielraumsverhältnisse zurückzuführen, uns mit einer Erklärung in diesem Sinne bescheiden, und unsere Erwartungen in dieser Weise begründen. Lassen sich doch in der Tat die hier bestehenden Verhältnisse den bekannten und vollkommen durchsichtigen des idealen Zufallsspiels in jeder Weise parallelisieren. Allerdings aber darf man doch sagen, daß die physikalische Literatur hier in der ganzen Behandlung des Wahrscheinlichkeitsbegriffes eine gewisse Unsicherheit oder mindestens Unvollständigkeit, erkennen läßt, der gegenüber das Zurückgehen auf logisch völlig erklärte Grundlagen einigermaßen wünschenswert erscheint und nicht ohne Vorteil sein würde. Es gilt dies ganz besonders für denjenigen Satz, der

in der theoretischen Physik mit Vorliebe als das letzte und maßgebende Prinzip für alle hierhergehörigen Vorgänge aufgestellt wird: *daß überall die weniger wahrscheinlichen Zustände in wahrscheinlichere übergehen*. Dieser Regel wird z. B. das Schwinden erkennbarer Temperaturunterschiede in einer sich selbst überlassenen Gasmasse untergeordnet, indem eine ungleiche Temperaturverteilung als der weniger wahrscheinliche, die Temperaturgleichheit als der wahrscheinlichere Zustand betrachtet wird. Gegen diese Formulierung läßt sich sogleich ein Bedenken geltend machen. Ist in dem Gase, das wir beobachten, jetzt eine ungleiche Temperaturverteilung vorhanden, so können wir ja diesen Zustand eigentlich nicht unwahrscheinlich nennen; sein Bestehen ist uns vielmehr auf Grund der Beobachtung ganz sicher. Gemeint ist in dem erwähnten Satze offenbar diejenige Wahrscheinlichkeit, mit der wir ein Verhalten dann, wenn uns außer den konstanten allgemeinen Bedingungen *gar nichts bekannt ist*, insbesondere für zukünftige Zeitpunkte, zu erwarten haben. Und es wird also mindestens zu betonen sein, daß eben die Wahrscheinlichkeit in diesem ganz bestimmten Sinn, unter dieser ganz bestimmten Voraussetzung gemeint ist. — Noch in einer andern Hinsicht bedarf die Aufstellung, daß die Zustände, die wir allmählich eintreten sehen, die wahrscheinlichsten seien, einer erläuternden Hinzufügung. Sie ist in einem ähnlich bedingten Sinne richtig, wie wenn wir bei einem Zufallsspiel sagen wollten, das, was in zahlreichen Fällen eintrete, sei stets mit dem, was wir als wahrscheinlichstes erwarten, in annähernder Übereinstimmung. Eine solche Formulierung ist offenbar nur in bedingtem Sinne zutreffend. Sie gilt solange und insofern, als wir die Betrachtung dessen, was sich ereignet hat, auf die *Gesamtergebnisse* beschränken, also beim Roulette z. B. darauf, wie oft Rot und Schwarz gefallen ist. Sie ist dagegen unzutreffend, sobald wir die tatsächlichen Ereignisse in ihrer vollen individuellen Bestimmtheit ins Auge fassen. Daß, wie es etwa der Fall gewesen sein mag, bei den zwei ersten Würfeln Rot, dann einmal Schwarz, dann wieder Rot, dann dreimal Schwarz fiel usw., das hatten wir keinerlei Anlaß zu erwarten. Und in diesem Sinne stellt der Gang der Ereignisse, der tatsächlich eingetreten ist, stets etwas für die Vorausbetrachtung überaus Unwahrscheinliches dar. Ganz das Entsprechende gilt auch für die uns hier beschäftigenden Verhältnisse. Daß in beobachtbaren Raumstücken gleiche Zahlen von Molekülen und gleiche Energiebeträge enthalten sind, das dürfen wir als ein Wahrscheinlichstes bezeichnen. Und insofern das bei irgend einem Endzustand verwirklicht ist, können wir sagen, daß das Gas in einen wahrscheinlichsten Zustand übergegangen sei. Fassen wir jedoch den tatsächlich verwirklichten Zustand in seiner vollen detaillierten Bestimmtheit ins Auge, den Zustand

also, der darin besteht, daß jedes Molekül an einem ganz bestimmten Ort und in einer ganz bestimmten Bewegung sich befindet, so können wir diesen offenbar für den späteren wie für den früheren Zeitpunkt nur einen absolut unwahrscheinlichen nennen. Eine strenge Formulierung wird also nicht schlechtweg dem späteren Zustände eine höhere Wahrscheinlichkeit zuschreiben. Nur derjenige Begriff, durch den wir das an ihm Beobachtbare bezeichnen, umfaßt eine größere Mannigfaltigkeit von Zuständen; die *erkennbaren Verhaltensweisen* der aufeinanderfolgenden Zustände sind es, denen wir eine fortschreitend größere Wahrscheinlichkeit zuschreiben dürfen.

Die Hauptsache wird freilich immer sein, daß, wenn wir das Wort Wahrscheinlichkeit in seinem ursprünglichen, durch den allgemeinen Sprachgebrauch festgelegten Sinne nehmen, seine Einbeziehung in die Formulierung von Naturgesetzen überhaupt unverständlich erscheint. Daß weniger wahrscheinliche in wahrscheinlichere Zustände übergehen, ist eine Aufstellung, die wir (mit den soeben berührten Modifikationen) als zutreffend, aber sicherlich nicht als endgültig befriedigend anerkennen können. Und ebenso hat es unzweifelhaft zunächst etwas Befremdendes, wenn uns zur Erklärung gewisser ausnahmslos beobachteter Regelmäßigkeiten gesagt wird, das, was sich stets ereigne, sei eben das für uns Wahrscheinlichste. *Die Erklärung der beobachtbaren Regelmäßigkeiten liegt nicht in den Wahrscheinlichkeiten, sondern in denjenigen objektiven Verhältnissen, die für die Wahrscheinlichkeiten bestimmend sind*. Nur wenn man diese objektiven Verhältnisse nicht anzugeben vermag, ist man genötigt, von den Wahrscheinlichkeiten zu sprechen. Und wir können jener Formulierung als die sicher verständlichere und einleuchtendere die gegenüberstellen, daß das sich regelmäßig Ereignende eben das ist, was durch einen überwiegenden Spielraum in den Gestaltungen der bedingenden Umstände herbeigeführt wird. Soll der eingebürgerte Ausdruck der Wahrscheinlichkeit beibehalten werden, so würde es sich, wie mir scheint, empfehlen, unbekümmert um den freilich nicht unberechtigten Einspruch der Logiker, von *objektiven Wahrscheinlichkeiten* zu sprechen, die objektive Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses aber zu definieren als denjenigen Bruchteil des bei Variierung der bedingenden Umstände sich ergebenden Spielraums, der das Eintreten des Ereignisses zur Folge hat.

In diesem Sinne ist es dann auch ohne weiteres berechtigt und verständlich, wenn bei der Ausdehnung der Theorie auf neue Gebiete eine bestimmte Ansetzung von Wahrscheinlichkeiten als *Hypothese* behandelt wird, deren Bestätigung von den Beobachtungen erwartet werden kann, nicht aber als der Ausdruck unseres jeweiligen Wissensstandes. Einen vollkommen befriedigenden Abschluß werden aber, wie mir scheint, die

Theorien auch auf diesen Gebieten erst dadurch erhalten, daß es gelingt, die angenommenen Wahrscheinlichkeiten auf Spielräume des Verhaltens und deren Größen zurückzuführen, so wie dies für die Zufallsspiele und die kinetische Theorie der Gase möglich ist.

Die jährliche Gesamtproduktion der grünen Pflanzendecke der Erde.

Von Prof. Dr. H. Schroeder, Kiel.

(Schluß.)

V.

Für das kultivierte Land hat Ebermayer nach Versuchen Boussingaults eine Hektarproduktion von durchschnittlich 2000 kg organisch gebundenen Kohlenstoffs angenommen¹⁾. Es erhebt sich die Frage, ist dieser vor dreiviertel Jahrhunderten gewonnene Wert heute noch gültig, drängen eine zweite, dürfen die Ergebnisse mitteleuropäischer Bewirtschaftung (Elsaß) auf die Welt-ernte übertragen werden, wobei überdies die Art des Anbaus in Erwägung zu ziehen ist? Ich kann mir eine Antwort auf die erste Frage sparen, da ich die zweite auf Grund der in der folgenden Tabelle niedergelegten Erfahrungen verneine.

Offenbar ist die Ertragshöhe in Deutschland (Mitteleuropa) zu hoch um als Mittel dienen zu können. Ich muß einen neuen Wert aufstellen. Dazu benutze ich, neben anderen noch zu besprechenden, die in der ersten Reihe der vorstehenden Tabelle aufgeführten Zahlen, die sich von denen Werners wenig unterscheiden. Die Unterlagen für ihre Gewinnung bringt die nächste Tabelle (5); sie ist auf Grund der Angaben in Langes Atlas von mir berechnet.

Diese Angaben sind unvollständig, weil auf die statistisch bearbeiteten Länder beschränkt, so insbesondere für Asien²⁾ auf Rußland, Indien, Japan und die Türkei, für Afrika auf Ägypten, Französisch-Nordafrika und die südafrikanische Union, für Südamerika auf Argentinien, Chile, Peru und Uruguay. Es sind also stark bevölkerte Kulturländer mit entwickelter Landwirtschaft ausgelassen, vor allem China, und außerdem die Gebiete primitiverer Kultur (Afrika).

Unter den Hauptgetreidearten fehlt der Reis. Die für diesen mitgeteilten Hektarernten differieren weit, was neben anderem wohl dadurch verursacht wird, daß ohne ausdrücklichen Hinweis bald die enthülste, bald die nicht enthülste Frucht

Tabelle 4.

	Körner (Knollen-) Ernte auf dem Hektar in Kilogramm						
	Weizen	Roggen	Gerste	Hafer	Mais	Reis	Kartoffel
Von mir nach Angaben Langes ²⁾ berechnete Werte für die Welternte	937	1030	1155	1144	1510	(1634) ⁴⁾	9620
Von Werner angegebene Werte ³⁾	1070	1060	1280	1110	1190	2300	—
Nach Lange ²⁾ für Deutschland gültige Zahlen	2140	1820	2070	1970	—	—	13700

Tabelle 5.

Produktionsverhältnisse der statistisch bearbeiteten Länder nach Kontinenten zusammengefaßt.

Gesamterträge in Millionen Tonnen (zu je 10 dz); Flächen in Millionen Hektar;

Hektar-Ernten in Kilogramm.

	Weizen			Roggen			Gerste			Hafer			Mais			Kartoffel		
	Gesamt-Ertrag	Anbau-fläche	ha Ertrag	Gesamt-Ertrag	Anbau-fläche	ha Ertrag	Gesamt-Ertrag	Anbau-fläche	ha Ertrag	Gesamt-Ertrag	Anbau-fläche	ha Ertrag	Gesamt-Ertrag	Anbau-fläche	ha Ertrag	Gesamt-Ertrag	Anbau-fläche	ha Ertrag
Asien	18,0	21,8	826	2,2	2,2	1000	9,1	7,8	1167	1,9	2,6	731	4,6	4,3	1070	1,6	0,3	5330
Afrika	2,2	2,7	815	—	—	—	1,5	2,1	714	0,4	0,6	667	2,5	1,7	1471	0,1	0,02	5000
Australien	2,7	3,2	844	—	—	—	0,1	0,1	1000	0,5	0,4	1250	0,3	0,1	3000	0,6	0,1	6000
Nordamerika	24,3	23,7	1025	0,9	0,9	1000	5,1	4,2	1217	21,9	19,0	1153	72,2	45,2	1600	11,9	1,7	7000
Südamerika	4,9	7,3	671	—	—	—	0,3	0,2	1500	1,0	1,0	1000	5,5	3,8	1447	1,2	0,1	12000
Europa	52,7	53,2	991	42,8	41,6	1029	23,4	19,8	1182	39,6	33,5	1182	15,4	11,1	1388	131,8	13,1	10061
Summe ⁵⁾ bezw.																		
Mittel	104,8	111,9	937	45,9	44,7	1027	39,5	34,2	1155	65,3	57,1	1144	100,5	66,2	1510	147,2	15,3	9620

¹⁾ Siehe S. 8.

²⁾ Lange: Landwirtschaftlich-statistischer Atlas (1917).

³⁾ Werner in Koernicke und Werner: Handbuch des Getreidebaues Band 2 (1885). Die Angaben jeweils bei den einzelnen Arten.

⁴⁾ Diese Zahl nicht nach Langes Angaben berechnet. Siehe S. 24.

gemeint ist, oder daß einmal Kultur mit Verpflanzen, das andere Mal solche durch einfache

⁵⁾ Das internationale landwirtschaftliche Institut gibt folgende Zahlen für die Welternte 1913: Weizen 116,22 Mill. Tonnen (davon 102,36 amtlich festgestellt, 6,86 berechnet, 7,0 geschätzt); Mais 99,89 Mill. Tonnen; Reis (ungeschält) 100,70 Mill. Tonnen.

Aussaat oder endlich beide Verfahren berücksichtigt wurden. Für meine Zwecke ist die Roh-ernte (nicht enthülst) maßgebend, denn die Spelzen gehören zur organischen Produktion¹⁾. Für diese stelle ich aus einer kürzlich erschienenen volkswirtschaftlichen Monographie *Schuhmachers*²⁾ folgende Tabelle zusammen:

Tabelle 6.

Rohernte der wichtigsten, Reis produzierenden Länder. 1915/16.

(Die Gesamt-Ernte in Millionen Tonnen; die Anbaufläche in Millionen Hektar; die Hektarerträge in Kilogramm.)

	Indien (engl.)	China	Japan	Java	Indo- china (franz.)	Korea	Asien (außer Korea)	Afrika	Europa	Nord- Amerika	Süd- Amerika	Welt- ernte (außer Korea)
Gesamt-Ernte	32,9	40	7	6	3	1,5	88,9	0,8	0,62	0,43	0,23	90,98
Anbaufläche	15,8	30	2,9	3	2,7	—	54,4	0,6	0,23	0,28	0,15	55,66
Hektarertrag	2082	1333	2414	2000	1111	—	1634	1333	2696	1536	1533	1634

Von der rund 100 Millionen Tonnen betragenden Welternte³⁾ sind also 90 % in die Rechnung einbezogen; ausschlaggebend ist allein Asien. Der erhaltene Mittelwert dürfte eher zu klein sein, denn der Hektarertrag für China, für welches mangels statistischer Angaben Schätzungswerte eingeführt sind, erscheint verglichen mit denen der übrigen Länder gering.

Zwecks Gewinnung einer einheitlichen Basis habe ich den Kohlenstoffgehalt dieser Hektarernten berechnet:

Tabelle 7⁴⁾.

Anbau	Hektar- ernte in kg	Wasser- gehalt der Ernte in Prozent	Trocken- substanz in der Hektar- ernte kg	Kohlen- stoffge- halt der Trocken- substanz in Proz.	Kohlen- stoff in der Hektar- ernte kg
Weizen . .	940	13,4	810	46,1*	374
Roggen . .	1030	13,4	890	46,2*	411
Gerste . .	1160	13,0	1010	46,2	467
Hafer . . .	1140	12,8	1000	50,7*	507
Mais . . .	1510	13,3	1310	50	655
Reis . . .	1630	12,6	1425	47	670
Kartoffel .	9620	74,9	2420	44*	1065

In dieser, wie in einigen der übrigen Tabellen, sind die mitgeteilten Zahlen in Ansehung der für das Endresultat zu erwartenden Zuverlässigkeit übertrieben, man kann sagen unwissenschaftlich, genau bestimmt. Ich unterließ jedoch vorläufig eine wesentliche Ab-

¹⁾ Spelzgewicht etwa 21 % von dem der unenthülsten Frucht.

²⁾ H. Schuhmacher: Der Reis in der Weltwirtschaft (1917).

³⁾ Siehe S. 23, Anmerkung 5.

⁴⁾ Bemerkungen zur Tabelle 7: Der Wassergehalt nach König; der Kohlenstoffgehalt (*) nach Boussingault; bei den Früchten, für die Boussingault keine Bestimmung bringt, ist er von mir unter Berücksichtigung des Fettgehaltes geschätzt.

rundung, weil ich glaubte, daß die aufgeführten Werte an und für sich, also ohne Rücksicht auf das Endziel, einiges Interesse beanspruchen dürfen.

Zu der organischen Substanz der Körner- oder Knollenerträge kommt die in Nebenprodukten und Abfällen enthaltene. Über ihre Höhe belehrt keine einigermaßen umfassende Statistik. Ich habe da-

her auf anderem Wege versucht, Näherungswerte zu erhalten.

Der Schätzung der Stroherträge lege ich das Verhältnis der Körnerernte zur Strohernte zugrunde. Seine allgemein-gültige Bestimmung bot gleichfalls einige Schwierigkeiten. Die nächste Tabelle bringt meine Unterlagen und enthält außerdem, in der letzten Spalte, die von mir benutzten Werte.

Tabelle 8¹⁾.*Verhältnis von Körnerernte zu Strohernte.*

Anbau	Nach Werner	Nach Lem- mermann aus Strakosch ²⁾	Aus Boussin- gault	Aus Angaben des landwirt- schaftlichen Kalenders be- rechnet	Be- nutzte Werte
Weizen . .	1:2,7*	1:1,48*	1:2,25	1:2,12	1:2*
Roggen . .	1:2,6*	1:2,55*	1:2,2	1:2	1:2*
Gerste . .	1:1,4*	1:1,4*	1:2	1:1,32	1:1,4*
Hafer . . .	1:2,5*	1:1,65*	1:1,685	1:1,4	1:1,5*
Mais . . .	1:2	1:1,78*	1:1,61	1:1,4	1:1,8*
Reis . . .	1:1,3	1:1,17*	—	1:1,46	1:1,2*
Kartoffel .	—	1:0,12**	1:0,23	1:0,31	1:0,25

Diesen Verhältniszahlen liegen zumeist europäische oder noch enger, deutsche Erträge zugrunde. Ehe man sie auf die Welternte anwendet, hätte man sich zu vergewissern, ob Körner und Strohernte einander unter allen Umständen parallel gehen oder ob klimatische oder andere Einflüsse Divergieren bewirken können³⁾. Ich bin nicht imstande, diese Frage bestimmt zu beant-

¹⁾ Bemerkungen zur Tabelle 8: * Stroh und Spreu oder (Mais) Spindeln. ** (Kartoffel) die Angabe bezieht sich auf Kraut, sie ist unsicher, da der Wassergehalt des Krautes nicht mitgeteilt wird.

²⁾ Strakosch: Das Problem der ungleichen Arbeitsleistung unserer Kulturpflanzen (1907), S. 42 und folgende.

³⁾ Witterungseinflüsse sind in obigen aus vieljährigen Beobachtungen gewonnenen Mittelzahlen enthalten.

worten, und merke daher hier ein anderes Moment der Unsicherheit an.

Den angenommenen mittleren Stroh- und Spreuertrag sowie die Menge des darin enthaltenen Kohlenstoffes bringt folgende Aufstellung:

Tabelle 9.¹⁾*Kohlenstoff in Stroh und Spreu (Kraut).*

Anbau	Verhältnis Körner: Stroh, siehe Tab. 8	Körnerertrag pro ha, siehe Tab. 7	Daraus berechn. Strohertrag auf dem Hektar	Wassergehalt des Strohes	Trocken- substanz in der ha - Strohernte	Kohlenstoffgehalt des Strohes	Kohlenstoff in der Hektar- Strohernte
		kg	kg	%	kg	%	kg
Weizen .	1:2	940	1880	13,55	1625	48,4	786
Roggen .	1:2	1030	2060	13	1792	49,9	894
Gerste .	1:1,4	1160	1620	13,31	1400	49	690
Hafer .	1:1,5	1140	1710	13,63	1477	50,1	740
Mais .	1:1,8	1510	2710	20*	2160	49	1060
Reis .	1:1,2	1630	1960	13,5	1695	49	830
Kartoffel (Kraut)	1:0,25	9620	2405	76,5**	565	44,8	255

Es bliebe noch die organische Substanz in Stoppeln und Wurzeln. Für diese kenne ich zwei in ihren Ergebnissen stark differierende Bestimmungen. Die erste von *Boussingault* lautet auf einen Rückstand von 518 kg (trocken) mit 250 kg Kohlenstoff für Weizen und 650 kg mit 350 kg Kohlenstoff für Hafer, beides auf dem Hektar.

Weit höhere Werte, bringt *Weiske*²⁾ mit folgenden Trockengewichtszahlen für die Hektarrückstände: Weizen 2669 kg, Roggen 4044 kg, Gerste 1802 kg, Hafer 2611 kg. *Werner*³⁾ endlich gibt für Weizen einen Feldrückstand von 280 kg auf dem Hektar an.

Bei dieser Sachlage ist Willkür unvermeidlich. Ich mache von *Weiskes* Zahlen einen kräftigen Abzug mit folgenden Ansätzen: Weizen 560, Roggen 780, Gerste 560, Hafer 680, Mais 1120 kg. Den Kohlenstoffgehalt dieser Rückstände setze ich gleich 50 %, wonach ich als Werte für den Kohlenstoff in den Feldrückständen eines Hektars erhalte: Weizen 280, Roggen 390, Gerste 280, Hafer 340, Mais 560 kg. Dazu käme Reis, für welchen ich 150 kg Kohlenstoff annehme. Wie die Zahlen für Weizen und Hafer zeigen, bewege ich mich damit im Rahmen von *Boussingaults* Schätzungen.

Danach errechnet sich der gesamte Kohlenstoff der Hektarernte:

¹⁾ Zur Tabelle 9: * geschätzt, Heu hat 14 bis 18 % Wasser. ** nach *Boussingault*; andere Autoren rechnen mehr (*Ebermayer* 85). Da die ganze Spalte nach *Boussingault*, folge ich diesem auch hier.

²⁾ *Weiske*: Landwirt. Versuchsstationen 14 (1871) 105.

³⁾ *Werner* a. a. O.

Tabelle 10.

Organisch gebundener Kohlenstoff auf dem Hektar in Kilogramm.

Anbau	Körner- ernte	Stroh u. Spreu	Feldrück- stände	Zu- sammen
Weizen	374	786	280	1440
Roggen	411	894	390	1695
Gerste	467	690	280	1437
Hafer	507	740	340	1587
Mais	655	1060	560	2275
Reis	670	830	150	1650
Kartoffel	1065	255	—	1320

Von diesen Zahlen ist der Kohlenstoff des Saatgutes abzuziehen, da ich die Überschußproduktion zu bestimmen habe. Er wurde nach folgender Tabelle berechnet:

Tabelle 11.

Anbau	Saat- menge pro ha in kg	Wasser- gehalt in %	Trocken- substanz kg pro ha	Kohlen- stoff- gehalt in %	Kohlen- stoff- gehalt in kg
Weizen . .	190	13,4	164,5	46,1	76
Roggen . .	170	13,4	147	46,2	68
Gerste . .	170	13,0	148	46,2	68
Hafer . .	130	12,8	113	50,7	57
Mais . .	50	13,3	43	50	22
Reis . .	75	12,6	65,5	47	31
Kartoffel .	2500	75	625	44	275

Aus den Tabellen 5, 6, 10 und 11 ergeben sich die folgenden Zahlen:

Tabelle 12.

Anbau	Für den Hektar			Anbau- flächen Mill. ha	C-Gehalt der Ge- samtpro- duktion in Mill. Tonnen
	C-Gehalt der Ernte kg	C-Gehalt des Saat- gutes kg	Differenz: Überschuß- Produktion C-Gehalt in kg		
Weizen . .	1440	76	1364	112	153
Roggen . .	1695	68	1627	45	73
Gerste . .	1437	68	1369	34	47
Hafer . .	1587	57	1530	57	87
Mais . .	2275	22	2253	66	149
Reis . .	1650	31	1619	56	91
Kartoffel .	1320	275	1045	15	16
Summe:				385	616

oder $\frac{616}{385} = 1,60$ Tonnen = 1600 kg organisch gebundener Kohlenstoff für den Hektar.

Bei der Beantwortung der Frage, welches Vertrauen verdient diese Zahl, ist zu bedenken, daß der Körner- und Knollenertrag am sichersten bestimmt sind, größere Fehler können bei der Schätzung der Strohernte untergelaufen sein, während die Ansätze für die Feldrückstände von einer gewissen Willkür nicht frei sind.

Nehme ich zum Beispiel statt der von mir be-

nutzten Verhältniszahlen Körnerernte zu Strohertrag *Werners* Zahlen mit ihren relativ größeren Strohmenen, so erhalte ich bei im übrigen gleichen Voraussetzungen für den Kohlenstoff der Hektarproduktion einen Mittelwert von 1840 kg.

Vereinige ich mit diesen höheren Strohanätzen erhöhte Ziffern für die Feldrückstände — etwa *Weiskes* Bestimmungen mich nähernd — so steigt das Mittel auf fast 2000 kg. Damit dürfte die obere Grenze des Zulässigen erreicht sein. Als untere sehe ich den vorn aufgestellten Wert (1600) an, da ich im allgemeinen stets die niedrigsten Angaben bei meinen Rechnungen verwandt habe. Überdies entstehen beim Ernten und Einbringen mancherlei Verluste, die zu einer Unterschätzung der organischen Produktion führen werden. Dergleichen erzeugen Unkräuter organische Substanz, die sich wenigstens zum Teil der Messung entzieht. Diese ihrer Größe nach unbestimmbaren Einflüsse werden sich besonders stark geltend machen, wenn der Ackerbau auf primitiver Stufe steht. Daran wird man sich bei späteren Betrachtungen zu erinnern haben.

Das bisher Gesagte gilt allein für die statistisch erfaßten mit den behandelten Fruchtarten bestellten Ernteflächen. Diese erstrecken sich auf insgesamt 3,87 Millionen km² oder 14,33 % der ganzen Kulturlandfläche.

Ehe das gewonnene Ergebnis auf die übrigen 85,67 % übertragen werden darf, sind zwei Fragen zu beantworten:

1. Gibt die anderweitig bestellte Fläche in den Berichtsländern die gleichen Einheitserträge — bezogen auf gebundenen Kohlenstoff — wie die bisher behandelten Arten des Anbaus?

2. Wie verhält es sich mit der Produktion der Länder, von welchen statistische Angaben überhaupt fehlen?

Die erste Frage kann bejaht werden, wenn sich nachweisen läßt, daß andere verbreitete Ackerpflanzen auf der Flächeneinheit etwa ebensoviel Kohlenstoff binden, wie die seither betrachteten. Aus Aufstellungen *Lemmermanns*, die ich *Strakosch* entnehme, berechne ich für die Hektarernte von Sorghum, Buchweizen, Erbse, Pferdebohne, Soja, Lupine, Zucker- und Futterrübe, Gras, Klee, Raps und Mais (grün) einen mittleren Kohlenstoffgehalt (Früchte, Stroh und Abfälle) von 2890 kg. Diese Zahl ist mit der vorn gegebenen nicht direkt vergleichbar, da *Lemmermanns* Tabelle hohe Werte hat. Ich muß also eine Reduktion vornehmen. Die Basis für diese liefert der Vergleich der Werte für die Getreidearten. *Lemmermanns* Ansätze für diese verhalten sich zu den meinen etwa wie 2 : 1 (Roggen, Gerste, Hafer) oder 3 : 1 (Weizen, Mais). Ich nehme daher die Hälfte obigen Wertes, also 1445 kg, als Durchschnitt. Diese Zahl ist etwas zu klein, da die Feldrückstände in ihr nicht enthalten sind. Nimmt man diese hinzu — *Weiske* gibt z. B. folgende Ziffern: Rotklee 3134 kg, Buchweizen

774 kg, Erbse 1141 kg, Lupine 1334 kg organische Substanz auf dem Hektar, — so wird man sagen können, die zuletzt besprochenen Feldgewächse leisten im allgemeinen das gleiche wie die früher behandelten.

Nun umfaßt *Wagners* „Kulturland“ nicht nur das wirkliche Ackerland mit Einschluß der Heugewinnung dienender Wiesen, sondern auch die unkultivierte aber kultivierbare natürliche Grasflur (Weideland und anderes). Für diese ist eine Bewertung schwierig, zum Teil wird es sich um Bodenflächen handeln, die an organischem Ertrage dem Ackerland gleichstehen, deren Bebauung unterbleibt, weil kein Bedürfnis dazu treibt, zum Teil — namentlich in volkreicheren Gebieten — werden diese kultivierbaren Ländereien die weniger fruchtbaren sein. Dort werden sie anderseits einen verhältnismäßig geringen Raum einnehmen¹⁾.

Ich glaube diesen Umständen hinlänglich Rechnung zu tragen, wenn ich von meinem Mittelwert einen Abzug mache und 1500 kg organisch gebundenen Kohlenstoff für die Hektarerzeugung der Berichtsländer einsetze. Will man ganz vorsichtig sein, so wird man auf 1400 kg, aber nicht weiter herabgehen können.

Zu den Berichtsländern stelle ich China, das vorn zwar nur für den Reis eingeschlossen ist, denn seine Landwirtschaft ist entwickelt genug, um dies Verfahren zu rechtfertigen. Das Areal dieser Länder dürfte 80 Millionen km² betragen, das der ausstehenden 70 Millionen. Der prozentische Anteil des Kulturlandes ist in jenen sicherlich höher als in diesen. Da *Wagner* indes unter Kulturland kultivierbares Land einbezieht, unterlasse ich eine diesbezügliche Korrektur.

Ziehe ich nunmehr für die Hektarernte der Länder ohne statistische Angaben 25 % von den für die übrigen gewonnenen Anschlägen ab, so ergeben sich die allgemein gültigen Mittelwerte aus folgenden Formeln:

$$[(1400 \times 8 = 11\,200) + (1050 \times 7 = 7350) = 18\,550] : 15 = 1240$$

als geringster Wert.

$$[(1500 \times 8 = 12\,000) + (1125 \times 7 = 7875) = 19\,875] : 15 = 1325$$

als wohl der Wahrheit am nächsten kommender Wert und

$$[(2000 \times 8 = 16\,000) + (1500 \times 7 = 10\,500) = 26\,500] : 15 = 1767$$

als nach meiner Meinung zu großer Höchstwert.

Die von *Wagner* angegebene Fläche (27 Millionen km²) bände demnach im Jahre 3,25 bis 4,75 Billionen kg Kohlenstoff, wobei eine Zahl in der Nähe von 3,50 bis 4,0 Billionen die richtige sein dürfte. Das entspräche Kohlendioxydzerlegungen von 12,30 bis 17,40 Billionen kg mit 13

¹⁾ In Deutschland beträgt die Fläche der Weiden und Hutungen etwa 8½ % der des Acker- und Wiesenlandes. Dabei ist zu bezweifeln, ob jene sämtlich kultivierbar (z. B. Gebirgsweiden).

bis 14½ Billionen als Werten größter Wahrscheinlichkeit.

VI.

Bei Steppe und Ödland werde ich mich kurz fassen, kann ich doch ihre Erträge nur summarisch auf Grund der für das kultivierte Land gewonnenen Ergebnisse abschätzen.

Unter *Steppe* werden Formationen verschiedener Fruchtbarkeit zusammengefaßt, beginnend mit solchen, die kaum geringere Erträge liefern als Ackerland bis herab zu solchen, die an der zu weilen schwer zu ziehenden Grenze nach dem Ödlande stehen und den Übergang zu diesem vermitteln. Selbst wenn ich in der Lage wäre, hier unterzuteilen, vermöchte ich zuverlässigere Rechnungsgrundlagen nicht zu gewinnen.

Unter der Voraussetzung, daß ein Hektar Steppe ½ oder ¼ oder 1/10 von der Durchschnittsproduktion eines Hektars Ackerland erzeuge, erhalte ich für die Steppe die folgenden Werte:

Tabelle 13.

Leistung der Steppen (Areal 31 Mill. km²).

	Bei der Annahme einer Hektarproduktion von		
	700 kg organ. gebundenem Kohlenstoff = 1/2 der Produktion des Kulturlandes	350 kg = 1/4 des gleichen Wertes	140 kg = 1/10 des gleichen Wertes
Kohlenstoff-Bindung . .	2,17 Bill. kg	1,09 Bill. kg	0,44 Bill. kg
Kohlensäure-Zerlegung . .	7,96 " "	3,98 " "	1,59 " "
Organ.Substanz	4,82 " "	2,41 " "	0,98 " "

(Der Kohlenstoffgehalt der organischen Substanz zu 45 % genommen.)

Tabelle 15.

	Kohlenstoffbindung			Kohlensäurezerlegung			Organische Substanz		
	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.
Wald	11,0	9,0	13,0	40	32	48	23	19	28
Kulturland	4,0	3,5	4,5	14	12	17,5	9	8	10
Steppe	1,1	0,5	2,2	4	1,6	8	2,5	1	5
Ödland	0,2	0,1	0,5	0,9	0,4	1,8	0,5	0,2	1,0
Summe . .	16,3	13,1	20,2	58,9	46,0	75,3	35,0	28,2	44,0

Alles in Billionen Kilogramm. Hinzu kämen noch etwa 0,5 Billionen für die vom Benthos des Meeres zerlegte Kohlensäure, und ein unbekannter Betrag, der die Leistung des assimilierenden Planktons ausdrücken sollte.

Es errechnet sich also ein jährlicher Kohlen säureverbrauch von einigen 60 Billionen kg, mit Grenzen von 50 bis 80 Billionen.

Das Luftmeer enthält etwa 2100 Billionen kg Kohlensäure. Die Pflanzenwelt beanspruchte mithin jährlich den 35. Teil davon. Sie wäre also

Für Ödland endlich nehme ich 1/10, 1/20 und 1/50 der Hektarproduktion des Kulturlandes, nachdem ich von *Wagners* Zahl für jenes (47,3 Mill. km²) die Polargebiete (mit 14,2 Mill. km²) abgezogen habe.

Tabelle 14.

Ödland (Areal 34,1 Mill. km²).

	Bei der Annahme einer Hektarproduktion von		
	140 kg organ. gebundenem Kohlenstoff = 1/10 der Produktion des Kulturlandes	70 kg = 1/20 des gleichen Wertes	28 kg = 1/50 des gleichen Wertes
Kohlenstoff-Bindung . .	0,48 Bill. kg	0,24 Bill. kg	0,1 Bill. kg
Kohlensäure-Zerlegung . .	1,76 " "	0,88 " "	0,35 " "
Organ.Substanz	1,07 " "	0,53 " "	0,21 " "

Über die größere oder geringere Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Werte enthalte ich mich des Urteils. Möglich, daß die Hektarproduktion des Ödlandes noch hinter dem bescheidensten meiner Ansätze zurückbleibt. Dann darf das Ödland gegenüber den übrigen Formationen vernachlässigt werden.

Ich habe den beiden letzten Tabellen einen Ertrag von 1400 kg gebundenen Kohlenstoff auf dem Hektar Kulturland zugrunde gelegt. Nehme ich statt dessen den Ansatz von 1800 kg, so steigen die Werte für Steppe und Ödland bis auf fast 3 bzw. 3/4 Billionen kg Kohlenstoffbindung. Eingehendere Berechnungen sind bei den vorhandenen Unsicherheiten wertlos.

VII.

Ich stelle zusammen:

bei fehlender Gegenaktion in einigen dreißig Jahren damit zu Ende. Zieht man die in der Hydrosphäre gelöste Kohlensäure zu, so vervielfacht sich diese Frist, vorausgesetzt, daß die „Meereskohlen säure“ den Pflanzen restlos zugänglich sei.

Die einzelnen Angaben sind nicht gleich vertrauenswürdig. Am besten begründet sind die Werte für Kulturland, weniger zuverlässig sind die Erträge des Waldlandes bestimmt, bei Steppe und Ödland schließlich muß mit der Möglichkeit größerer Fehler gerechnet werden. Da ich in die-

ser Arbeit nur einen kurzlebigen Versuch erblicke und bald Verbesserungen erwarte und erhoffe, bin ich bei der umständlichen Aufstellung der Erträge des Kulturlandes mit Bewußtsein von der Regel abgewichen, die Rechnung dem Grade der für das Endresultat zu erwartenden Genauigkeit anzupassen.

Ich habe nur die Überschußproduktion im Auge gehabt, weshalb ich das Saatgut abgezogen habe. Will man die wahre Assimilationsleistung der grünen Pflanzen kennen lernen, so sind die gefundenen Zahlen um 5 bis 10 % zu erhöhen, um dem Substanzverlust, verursacht durch die Atmung der Pflanzen, Rechnung zu tragen.

VIII.

Gelegentlich wird mit der behandelten Frage eine zweite verknüpft, die da lautet: welcher Teil der pflanzlichen Produktion verfällt tierischem einschließlich menschlichem Konsum und welcher verfault oder verweset, wird also im wesentlichen von Pilzen und Bakterien abgebaut und letzten Endes zu Kohlensäure oxydiert?

Ich glaube nicht, daß eine selbst bescheidenen Ansprüchen an Zuverlässigkeit genügende Antwort hierauf gegeben werden kann. Mit einiger Genauigkeit läßt sich nur die von den Menschen oxydierte Menge ermitteln. Wenn jeder der 1600 Millionen Menschen täglich 900 g Kohlensäure ausatmet, gibt dies für die Gesamtheit im Jahre 0,525 Billionen Kilogramm.

Es unterliegen danach knapp 1 % ($\frac{3}{4}$ bis $\frac{1}{4}$) der Pflanzenproduktion der Oxydation durch die Menschen. Verzehren müssen diese allerdings mehr als dies, da es ihnen nicht gegeben ist, die aufgenommene Nahrung restlos auszunutzen.

Die Gesamtheit der Tiere wird mehr organische Substanz zerstören als die Menschen. Das folgt schon aus der Tatsache, daß die Kopffzahl der Haussäugetiere in Deutschland der der Einwohnerzahl gleichkommt.¹⁾ Mit abnehmender Volksdichte wird die Tierwelt mehr und mehr in den Vordergrund treten, bis sie im Meere die Alleinherrschaft behauptet. Ich unterlasse jede ziffermäßige Angabe, da sie auf bloßes Raten hinaus käme.

Schließlich nehme ich als sicher an, daß den nicht grünen Pflanzen, vornehmlich Pilzen und Bakterien der größere Teil der organischen Produktion ihrer grünen Genossen zufällt. Schon bei vielen unserer Kulturgewächse übertreffen Rückstände und Abfälle die eigentliche Ernte. Jene werden zum größten Teil von Pilzen und Bakterien verbraucht. Von der Produktion der Wälder wird die Hälfte (Streu) gleichfalls fast ausschließlich deren Beute, von der anderen Hälfte, dem Holze, ein größerer oder geringerer Teil, je nach der Kulturstufe des betreffenden Gebietes.

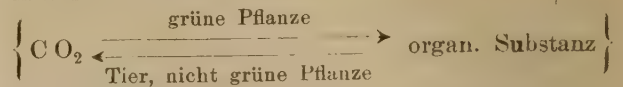
Damit ist in Kürze alles gesagt, was gesagt werden darf. Quantitative Angaben sind unmöglich, und wenn sie versucht wurden, anzuzweifeln. Es ist daher auch gänzlich unmöglich, auf diesem Wege herauszufinden, ob Kohlensäurebildung und -verbrauch auf Erden einander scharf die Wage halten.

IX.

Ich will aus dem gewonnenen Ergebnis eine Folgerung ziehen.

¹⁾ Die individuelle Kohlensäureproduktion der größeren Haussäugetiere übersteigt die des Menschen.

Die Beschreibungen des Kohlenstoffkreislaufes auf Erden



erwecken in vielen Fällen den Eindruck, als sei die Menge des in den Leibern von Tieren und Pflanzen und in deren Produkten organisch gebundenen Kohlenstoffes nur ein sehr kleiner Bruchteil von dem Betrage an Kohlenstoff, der gleichzeitig in der Kohlensäure der Luft vorhanden ist. Diese Vorstellung ist irrig; der organisch gebundene Kohlenstoff beträgt wohl nicht weniger, wahrscheinlich mehr als die Hälfte von dem in der atmosphärischen Kohlensäure.

Das Gesamtgewicht des Kohlendioxydes der Luft kann zu 2100 Billionen kg angenommen werden.

Die Menge des durch das Organismenreich festgelegten Kohlenstoffes läßt sich berechnen als das Produkt aus dem Betrage der jährlichen Bindung und der mittleren Dauer (in Jahren) des Bestehens dieser Bindung.

Die im Laufe eines Jahres von den grünen Gewächsen zerlegte Kohlensäure habe ich vorn auf 60 Billionen kg geschätzt. Von diesen entfallen 40 Billionen auf das Waldland, 14 Billionen auf Kulturland, 4 Billionen auf Steppe und knapp 1 Billion auf Ödland. Vom Anteil des Waldes dient etwas weniger als die Hälfte der Blatterzeugung¹⁾ und etwas mehr als diese der Holzproduktion. Die Lebensdauer der Blätter periodisch belaubter Bäume mag im Durchschnitt $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Jahre²⁾, die der Nadeln immergrüner Coniferen 3 bis 4 Jahre³⁾ und mehr betragen. Nach Ebermayer dauert es etwas über drei Jahre bis die geworfenen Blätter als rechnerische Streu verschwinden. Dann hinterbleibt Humus, der seinerseits noch einen erheblichen Teil des Kohlenstoffes der Blätter enthält. Ich nehme daher an, daß in lebenden und gefallenen Blättern — alle Stadien der Verwesung einbegriffen — das Dreifache der Kohlenstoffmenge angesammelt ist, die während eines Jahres zur Laubbildung verwendet wurde. Schlagbarer Kulturwald besteht aus nahezu hundertjährigen Stämmen; ein großer Teil seines Holzes wird im Dienste der Menschen viele Jahrzehnte konserviert. Die mittlere Lebensdauer der Individuen des Urwaldes dürfte nicht kürzer sein als die oben für Kulturwälder genannte; die Verwesung ihrer Leichen beansprucht wiederum Jahre. Ich schätze daher, daß im Holzbestand — lebend und tot — der Erde die fünfzigfache Jahresproduktion niedergelegt sei.

¹⁾ Das Laub erst nach dem Blattfall als Streu gemessen. Rückwandernde Reservestoffe sind also nicht inbegriffen.

²⁾ Das gilt auch für die Tropen, wenigstens sagt Volken (Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen [1912], S. 78), die Vermutung sei gerechtfertigt, daß in Java viele Arten das Laub innerhalb einer Frist von 12 bis 14 Monaten zweimal wechseln.

³⁾ Im Bestand: Tanne 7—9, Fichte 4—7, Kiefer 2—4 Jahre.

Verglichen mit diesem Werte fallen die für Kulturland, Steppe und Ödland zu erwartenden nicht ins Gewicht. Ich sehe daher von einer Begründung meiner Anschläge für diese Formationen ab und setze lediglich unter Hinweis auf das oben über die Waldstreu Gesagte das Doppelte der Jahresproduktion als Betrag für die Vorräte an dem hier gebundenen Kohlenstoff ein.

Danach ergibt sich, daß die in Landpflanzen und ihren Produkten enthaltenen Kohlenstoffmengen folgenden Kohlendioxydwerten entsprechen:

Wald Laub . . .	3 × 20 Bill. kg =	60 Bill. kg
„ Holz . . .	50 × 20 „ „ =	1000 „ „
Kulturland . . .	2 × 14 „ „ =	28 „ „
Steppe	2 × 4 „ „ =	8 „ „
Ödland	2 × 1 „ „ =	2 „ „
Summe . . .		1098 Bill. kg

Das wäre die Hälfte des Kohlenstoffes in der Luftkohlenensäure. Ausschlaggebend ist das Holz. Führe ich an Stelle des vorn benutzten Mittelwertes (40 Billionen kg) für die jährlich vom Walde zerlegte Kohlenensäure die Grenzwerte (32 und 48 Billionen kg) ein, so entspräche der Holzbestand der Erde 800 oder 1200 Billionen kg Kohlendioxyd und die obige Endsumme änderte sich demgemäß.

Nicht veranschlagt habe ich die Meeresvegetation (Benthos und Plankton) und die Tiere. Dies geschah bei jener, weil ich nicht in der Lage bin, eine einigermaßen verlässliche Zahl anzugeben, auch im Gedanken, daß es nicht das Kohlendioxyd der Luft ist, sondern das im Meerwasser gelöste, von dem sie zehrt, bei diesen, weil die in ihren Leibern gesammelten Kohlenstoffmengen verhältnismäßig klein sind. Letzteres sei kurz bewiesen. Ein Mensch atmet den Tag 900 g Kohlendioxyd aus, gibt also etwa 250 g Kohlenstoff in dieser Form ab. Er hätte danach in etwa zwei Monaten eine Kohlenstoffmenge verbrannt, die der in seinem Körper enthaltenen gleichkommt. Nimmt man für den Durchschnitt aller Tiere entsprechend dem trägeren Stoffwechsel vieler Arten das Doppelte und das Dreifache dieser Frist und veranschlagt den den Tieren zufallenden Anteil der pflanzlichen Produktion übertrieben auf die Hälfte des Ganzen, so wären zu einer gegebenen Zeit $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{4}$ dieser Produktion in den Tierleibern gestapelt. Das wäre eine Kohlenstoffmenge, die 10 bis 15 Billionen kg Kohlendioxyd entspräche. Diese nach meiner Meinung noch zu große Zahl spielt gegenüber der oben mitgeteilten keine Rolle.

Abgesehen habe ich schließlich von den verhältnismäßig kleinen Mengen Kohlenstoff, die im Torf konserviert werden und weder innerhalb der aufgeführten noch innerhalb sehr viel längerer Fristen als Kohlenensäure in die Atmosphäre zurückkehren. In früheren Perioden der Erdgeschichte wurden erstaunliche Quantitäten Kohlenstoff auf ähnliche Weise dem Kreislaufe ent-

zogen und als Kohle abgelagert. Eine vorsichtige Schätzung der Kohlenvorräte der Erde führt auf 3000 Billionen kg, die bei Annahme eines Kohlenstoffgehaltes von 75 % 8000 Billionen kg Kohlendioxyd entsprechen, also dem Vierfachen der heute in der Luft vorkommenden Menge. Diese Tatsache mag als mittelbare Stütze für meine Ausführungen dienen.

Als Vergleichswert bei meiner Betrachtung benutzte ich die atmosphärische Kohlenensäure, das ist anfechtbar. Das Meer enthält weit mehr von diesem Gase als die Luft, und diese in Gleichgewicht mit der gasförmigen in der Luft stehende, gelöste Kohlenensäure ist den Lebewesen wenigstens teilweise zugänglich. Ebenso wenig habe ich kohlen-saures Gestein⁴⁾ und Kohle berücksichtigt. Vom gesamten irdischen Kohlenstoff stellt also der in Pflanzen und pflanzlichen Produkten gebundene wirklich einen kleineren Bruchteil dar; von dem in der aktuellen Luftkohlenensäure indes, wie gezeigt wurde, einen erheblichen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Kristallmutationen.

In seinem Aufsatz über „Mutationsartige Umwandlung von Kristallen“ (Die Naturwissenschaften VI, 530, Heft 36) stellt Prof. *Johnsen* (Kiel) die Allotropieerscheinungen, die ja weit häufiger sind, als man bis noch vor kurzem vermutete und die heute das Interesse des Chemikers in hohem Grade fesseln, zu den Mutationen der Organismen in Parallele. Er selbst bezeichnet sie geradezu als „Kristallmutationen“. Diese Bezeichnung ist irreführend, und es kann ihr vom Standpunkt des Chemikers nicht entschieden genug widersprochen werden. Warum? lehrt die instruktive Übersicht *Johnsens* selbst deutlich genug. Mutationen sind (formal genommen) sprunghaft auftretende starke Abänderungen im morphologischen Habitus einer Organismenart. Wovon sie schließlich abhängen, ist schwer zu entscheiden, sicher aber sind sie keine eindeutigen und einfachen Funktionen von Druck und Temperatur. Sie sind ferner, nicht reversibel, und ihre restlose chemische Übereinstimmung mit der Mutterart ist in der Tat nur „scheinend“ — wahrscheinlich ist sie nicht, im Gegenteil: andersartige Färbung der mutierten Organismenart (vielfach das augenfälligste Merkmal der Mutation) beruht auf chemisch verschiedener Pigmentierung.

Allotropie eines Stoffes hingegen hat chemische Gleichheit zur Voraussetzung. Sie tritt nie willkürlich sprunghaft auf, sondern ist in der Natur, des betreffenden Stoffes ständig sozusagen implizite vorhanden, so daß ihr Erscheinen bei den geeigneten Umständen notwendig, nicht zufällig ist. Vor allem ist sie umkehrbar; das ist der wesentliche Unterschied zur Mutation. Von einer Reproduktion der allotropen Modifikation durch Vererbung, somit Verewigung der neuen Form, kann nicht die Rede sein. Der biologische Begriff der Entwicklung hat im Anorganischen, soweit das Gebiet der Allotropieen betrachtet wird, keinen Sinn. Es sind grundsätzlich verschiedene Verhältnisse; eine Übertragung des biologischen Be-

⁴⁾ Auch nicht die rezenten durch Organismen erzeugten Ablagerungen von kohlen-saurem Kalk.

griffs in die Chemie, wo ein ihm entsprechender Inhalt fehlt, muß entschieden abgelehnt werden. Daß *Johnsen* diese Übertragung dennoch vollzieht, ist um so merkwürdiger; als er selbst in seiner zusammenfassenden Schlußbetrachtung (S. 535) den beinahe restlosen Mangel eines biologischen Analogons zu den Allotropieerscheinungen betonen muß. Und das Fehlen solcher Analogie wäre verständlich geworden, ja, es hätte sich zu einem Gegensatz zwischen den beiden Begriffen gestaltet, wenn *Johnsen* auf die Theorie der Allotropie näher eingegangen wäre¹⁾.

Johnsen betont nun freilich eingangs, die Umwandlungerscheinungen als „Anregung für Biologen“ in Parallele gestellt zu haben. Das ist beinahe noch bedenklicher für den Biologen, als es die Begriffsübertragung für den Chemiker ist. „Heuristisch nützlich“ soll jener Vergleich sein. Als Biologe muß ich gestehen, daß dem biologischen Verständnis und Urteil nichts verderblicher ist als eben dieses „Vergleichen“ sachlich unvergleichlicher Dinge und Vorgänge. Erfahrungsgemäß führt es sehr häufig dazu, aus einem oder wenigen mehr als äußerlichen Vergleichspunkten *restlose* Analogie zu erschließen und nach Ähnlichkeiten zu suchen, wo keine vorhanden sein können. Und selbst zugegeben, man fände tatsächlich weitgehende Analogie zwischen anorganischen und organischen Verhältnissen, was hier, wie ich nochmals betone, nicht der Fall ist, — was ist damit gewonnen? Für das Verständnis des biologischen Tatbestandes offenbar garnichts. Es sei denn die Erkenntnis, im Biologischen eben so wenig erklären zu können wie im Anorganischen. Heute, wo eine Kritik der Begriffe und der Denkmittel auch in der Biologie erfreulich anhebt, sollte man es verschmähen, äußere Ähnlichkeiten zum Zeichen der inneren funktionellen Übereinstimmung zu machen. Über den Standpunkt der *Rhumbler*, *Leduc* usw., die formale Analogie zwischen chemischen und biologischen Vorgängen und Zuständen bereits als „Erklärung“ der letzteren ansahen, muß man hinauskommen. Der sachlich so schöne Aufsatz *Johnsens* scheint mir darum in gedachtem Sinne verfehlt zu sein.

Blankenese, den 27. November 1918.

Dr. Hans Heller.

Erwiderung.

Aus den vorstehenden Bemerkungen des Herrn Dr. *Hans Heller* brauchen m. E. nur folgende 4 Sätze beantwortet zu werden:

1. „Der sachlich so schöne Aufsatz *Johnsens* scheint mir darum in gedachtem Sinne verfehlt zu sein.“
2. „Diese Bezeichnung [Kristallmutation] ist irreführend, und es kann ihr vom Standpunkt des Chemikers nicht entschieden genug widersprochen werden.“
3. „Als Biologe muß ich gestehen, daß dem biologischen Verständnis und Urteil nichts verderblicher ist, als eben dieses ‚Vergleichen‘ sachlich unvergleichlicher Dinge und Vorgänge.“
4. „Der biologische Begriff der Entwicklung hat im Anorganischen, soweit das Gebiet der Allotropie betrachtet wird, keinen Sinn.“

Zu 1. Nicht der betreffende Aufsatz war als Anregung für Biologen gedacht, sondern nur die Bezeichnung der beschriebenen Kristallumwandlungen als mutationsartig, wie ausdrücklich hervorgehoben wurde:

¹⁾ Siehe z. B. Zeitschr. f. physikal. Chemie 76, 421, 1911.

daher berührte ich die Organismen-Mutation ausschließlich in der Einleitung und im Schlußkapitel.

Zu 2. Das Wort Kristallmutation wurde auf den kristallographischen Begriff der Kristallumwandlung angewendet. Wenn sich auch Chemiker mit Kristallumwandlungen beschäftigen, so ist das durchaus zu begrüßen; dagegen wäre es mindestens unfruchtbar, wenn der Chemiker dem Kristallographen bei der Handhabung seiner Nomenklatur „widersprechen“ wollte. Überdies ist „irreführend“ ein subjektiver Begriff, da es von der kritischen Kraft des Lesers abhängt, ob er durch eine Bezeichnung irreführt wird.

Zu 3. Als „sachlich unvergleichlich“ wird man zwei Dinge nur dann bezeichnen dürfen, wenn man das Wesen beider völlig erkannt und erklärt hat; da von solcher Erkenntnis der Organismen-Mutation auch für Herrn Dr. *Heller* nicht die Rede sein kann, wird man das Wort „unvergleichlich“ hier vorläufig vermeiden müssen. Das Tertium comparationis lag für mich zunächst hauptsächlich in der sprunghaften Entwicklung einer Art aus einer andern, also in einem tatsächlich gemeinsamen Bestandteil der Begriffe Kristallumwandlung und Organismen-Mutation. — Übrigens bedeutet mir ein Vergleich eine vorurteilsfreie Hervorhebung der Ähnlichkeiten und der Unterschiede. Auch den Wachstumsbegriff der Biologie hat man auf die Kristalle übertragen, indem man allgemein von Kristallwachstum spricht, und gerade der Vergleich der Kristallvergrößerung mit dem organischen Wachstum hat auch zur Feststellung wichtiger Unterschiede geführt. Daher liegt in solchen Begriffserweiterungen oder Begriffsübertragungen ein heuristischer Wert.

Zu 4. Das Ableugnen einer Entwicklung auf dem Gebiete der Kristallumwandlung erscheint etwas mißlich. Wenn die Erde vor Jahrmillionen nirgends Temperaturen unterhalb -700°C besaß, so kann damals der heute so verbreitete Quarz noch nicht existiert haben; erst bei fortschreitender Erdabkühlung vermochte er sich durch Kristallumwandlung aus dem sogenannten β -Quarz zu entwickeln. Ähnlich liegen die Dinge bei einer ganzen Anzahl unserer heutigen Mineralarten; auch die phylogenetische Entwicklung ist nach paläontologischem Befund mindestens teilweise von solcher Änderung der äußeren Bedingungen abhängig, und wieweit sich die Evolution der Lebewesen durch künstliche Umkehrung der Bedingungen nach Art reversibler Kristallumwandlungen rückgängig machen läßt, bleibt zu untersuchen, soweit nicht etwa schon positive Ergebnisse vorliegen.

Immerhin darf ich wohl gerade in obigen Einwänden ein Zeichen dafür erblicken, daß mein Aufsatz zum Nachdenken angeregt hat, und das gereicht mir zu aufrechter Freude.

Kiel, den 8. Dezember 1918.

Prof. Dr. Johnsen.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Entstehung der Hochfrequenzspektren und der Aufbau der Atome. Durch die Anwendung der Quantentheorie auf das Rutherford'sche Atommodell war es Bohr gelungen, die Formeln für die Serien der Spektren des Wasserstoffs und derjenigen des Heliums, deren Träger das einwertige positive Atomion ist, abzuleiten. Durch eine Erweiterung der Bohrschen Theorie kam Debye auch zu einer Darstellung der K-Serie der Röntgenstrahlungsspektren. Sie entsteht bei der Wiederanlage

rung eines von dem dem Atomkern nächsten Ringe von drei Elektronen abgespaltenen Elektrons an diesen, wobei es gemäß der Bohrschen Theorie einige ausgezeichnete Bahnen durchläuft, nämlich die, für welche das Winkelmoment gleich einem ganzzahligen Vielfachen von $h/2\pi$ ist (h das Plancksche Wirkungsquantum), und beim Übergang von einem solchen sekundären Kreise zu einem nächsten immer nur ein Quantum ausstrahlt (dabei ist das Winkelmoment der im normalen Zustande eingenommenen primären Elektronenringe gleich $h/2\pi$). Hier knüpft nun *L. Vegard* (Phil. Mag. (6) 35, S. 293, 1918) an, um eine Darstellung der übrigen Serien der Hochfrequenzspektre zu versuchen.

Er weist zunächst nach, daß zwar die Debyesche Theorie mathematisch durch eine andere ersetzt werden kann, welche eine ebenso gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen liefert, daß sie aber vom physikalischen Standpunkte aus vorzuziehen ist. Weiterhin untersucht er die von *Bohr* geäußerte Ansicht, daß die L-Serie bei der Wiederanlagerung eines aus irgendeinem äußeren Elektronenringe stammenden Elektrons an den innersten Ring entsteht und zeigt, daß dies nur möglich ist, wenn auch das Winkelmoment der primären Ringe im Gegensatz zu den Bohrschen Annahmen ein ganzes Vielfaches von $h/2\pi$ ist; selbst unter dieser Voraussetzung ist aber die Lösung nicht physikalisch befriedigend.

Vegard kommt deshalb schließlich zu folgender Theorie. Während die K-Serie durch Wiederanlagerung eines Elektrons an den innersten Ring von drei Elektronen mit der Quantenzahl 1 emittiert wird, entsteht die L-Serie bei der Rekombination eines Elektrons zu dem zweiten den Kern umgebenden Ring von 7 Elektronen mit der Quantenzahl 2. Während dieser einen größeren Abstand von dem ersten Ring hat, lagert sich dicht um ihn ein dritter Ring von 8 Elektronen mit derselben Quantenzahl, welcher der Träger der I-Serie (zu der die Linien λ , η , ζ und θ gehören) ist. In größerem Abstände folgt dann ein Ring mit 9 oder 10 Elektronen und der Quantenzahl drei; durch Wiederanlagerung an diesen wird die M-Serie emittiert. Bei den Atomen mit größerer Ordnungszahl wäre ein weiterer Ring mit einer vierfachen Quantenzahl zu erwarten, welcher eine bisher nicht beobachtete N-Serie geben müßte. Die auf Grund dieser Anschauungen abgeleiteten Formeln geben sehr gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen bei den ersten Linien der K- und L-Serie, angenäherte bei der M-Serie und mäßige bei der I-Serie.

Nun haben kürzlich *Barkla* und *White* noch eine Serie von kleinerer Wellenlänge als die K-Serie, die dem entsprechend als J-Serie zu bezeichnen ist, entdeckt. Diese könnte dann nur von Elektronen, welche an dem Aufbau des Kerns teilhaben, emittiert werden; deren Quantenzahl müßte dann notgedrungen kleiner als eins sein (diese Elektronen bewirken auch die radioaktiven Erscheinungen). Dies würde heißen, daß ihre Geschwindigkeit die des Lichtes überschritte. Da sie im normalen Zustande nicht strahlen, würde das keinen Widerspruch gegen sonstige Anschauungen bedeuten, man müßte nur annehmen, daß sie bei Beginn der Ausstrahlung sofort abgebremst würden. Hieran knüpft *Vegard* nun einige Betrachtungen über den Aufbau der Atome. Danach enthält Wasserstoff nur ein Elektron in einem äußeren Ringe. Beim Lithium bis Fluor tritt ein innerer Ring von zwei Elektronen auf und dazu ein äußerer Ring, dessen Elektronen-

zahl beim Fortschreiten der Ordnungszahl immer um 1 wächst bis auf maximal 7. Das achte Elektron, welches beim Neon dazukäme, lagert sich dagegen an den inneren Ring an, so daß hier zum ersten Mal der K-Ring von drei Elektronen auftritt. In der Tat ist das erste K-Spektrum bei dem dem Neon folgenden Element, dem Natrium, beobachtet. Hier ist nun der Ring mit den sieben Elektronen der L-Ring, da sich jetzt zum erstenmal ein dritter Ring bildet. Verfolgt man so die Elektronenanlagerung durch das ganze periodische System weiter, so findet man, daß beim Argon zuerst auch der I-Ring mit 8, und beim Eisen, Nickel, Kobalt der M-Ring mit 9 oder 10 Elektronen erscheint. Diese Vorstellungen werden schließlich auch zur Erklärung der Affinität und der Änderung der elektrischen Leitfähigkeit mit der Ordnungszahl angewandt. B.

Über Neigungen von Wolkenschichten berichtet Geheimrat *R. Süring* in den Sitzungsberichten der Kgl. Preuß. Akad. der Wissenschaften, phys.-math. Klasse, Seite 814—820. Seine Untersuchungen stellen einen ersten Versuch zur Lösung der meteorologisch gerade in den letzten Jahren wiederholt aufgetauchten Frage dar, welche Folgerungen sich aus den Beobachtungen über die Neigung ausgedehnter dünner Wolkenschichten, wie es besonders die Cirrus, Cirro-Cumulus und Alto-Cumulus-Wolken sind, zur Kenntnis atmosphärischer Strömungen ergeben können, die in der sogenannten „Substratosphäre“ eintreten. Diese Schicht in beiläufig 9 km Höhe bildet die obere Grenze der sogenannten Troposphäre, d. h. der unteren Schicht, in welcher jene Umwälzungen stattfinden, die man gemeinhin als Wetter zu bezeichnen pflegt. Es kommt dem Meteorologen hierbei hauptsächlich darauf an, die zusammen wirkenden dynamischen und thermischen Einflüsse möglichst zu isolieren. *Süring* hat zu diesem Zweck die mit den Sprungischen Wolkenautomaten aus den Jahren 1901—1915 aufgenommenen Bilder verwendet. Für die Neigung der Cirrusschichten gegen die Horizontale, und zwar quer zur Zugrichtung der Wolken, stellt er für eine Höhe von beiläufig 7—9 km und eine mittlere Wolkengeschwindigkeit von 24 m/sek einen Winkel von 6°, für niedriger gelegene Alto-Cumulus und Cirro-Cumulus etwa nur die Hälfte fest. Daraus darf man wohl schließen, daß die Wolkenneigungen im Gebiet der Substratosphäre eine größere Einwirkung auf das Wetter haben werden, als diejenigen in niederen Schichten. Um die Wirkung der Neigungen dieser Wolkenschichten, die annähernd Flächen gleichen Luftdruckes sind, zu untersuchen, hat *Süring* die Frage statistisch weiter verfolgt. In der Regel kommt es danach zur Ausbildung kleiner Teildepressionen und damit verbundener Niederschläge. Die Regenwahrscheinlichkeit für geneigte Cirren beträgt hier über 80 %, genauer im Sommer etwa 70, im Frühjahr 100%. Neigungen der mittelhohen Wolken ergeben keine einwandfreien Ergebnisse. Übereinstimmend mit den bisherigen Feststellungen entsprach der Wolkenzug in seiner Richtung der Bewegung der Depressionsbahn. Oberwind und Unterwind zeigten einen Richtungsunterschied von rund $\frac{1}{4}$ Kreisumfang. Diese starke Rechts-

4) Bei der hohen prognostischen Bedeutung, die sich hieraus für die Beobachtung geneigter Cirren ergibt, schlägt Referent vor, die beiden Wolkenaufnahmen unmittelbar nach der Herstellung der Positive stereoskopisch zu beobachten, wodurch eine umständliche Berechnung vermieden wird, und das Ergebnis dem Wetterdienst mitzuteilen. Kr.

ablenkung stimmt mit der vielbestätigten Wetterregel überein, daß in solchen Fällen Regen zu erwarten ist.

Auch die Neigung der Cirrusschichten in der Zugrichtung ist von *Süring* untersucht worden. Er findet, daß die Bahn aufwärts unter einem Winkel von etwa 6° geneigt ist. Die Ursache hierfür ist wahrscheinlich in thermischen Vorgängen zu suchen, während die Neigung quer zur Zugrichtung, wie oben ausgeführt, dynamische Ursachen haben dürfte. — Zur praktischen Verwertung der Beziehungen zwischen Wolkenneigung, Wolkenform und Wetter im allgemeinen ist, wie *Süring* besonders hervorhebt, eine schärfere Bezeichnung der oberen Wolkenformen dringend erforderlich. Kr.

Nächtliche Abkühlung der Luft am Boden. In seinen (Sitz.-Ber. d. K. Pr. Akad. d. Wissensch. math.-phys. Kl., 1918, Seite 806—813) Untersuchungen „Über die nächtliche Abkühlung der bodennahen Luftschicht“ teilt Geheimrat *G. Hellmann* eine allgemein bemerkenswerte Tatsache mit. Es ist aus physikalischen Gründen bei freier Beweglichkeit der Luft notwendig, daß die unteren Schichten von selbst aufsteigen, wenn die Temperatur mit der Höhe um mehr als ein Drittel Grad auf den Meter Höhenänderung abnimmt, weil dann die unteren Schichten spezifisch leichter werden und dem Gesetz der Schwere folgen müssen. Ist die Abnahme der Temperatur geringer oder nimmt die Temperaturabnahme gar zu, so wird die Bodenschicht dadurch festgehalten. *Hellmann* hat nun auf der Beobachtungswiese bei dem Meteorologischen Observatorium Potsdam mit abgeschirmten Thermometern von 1 cm bis 5 cm und von 5 cm bis 50 cm Höhe die nächtliche Temperaturabnahme bei verschiedenen Bewölkungsverhältnissen beobachten lassen. Für ganz heitere Nächte findet er in der Schicht von 5 cm bis 50 cm Höhe eine Temperaturzunahme mit der Höhe um $2,7^\circ$. Die Stufen vom Boden je 5 cm aufwärts folgen der Exponentialfunktion $10,05 \times 10^{-h/40}$ wobei h die Höhe in cm ist. Die untersten 5 cm bringen also schon eine Temperaturzunahme um über 1° , bis zu einem halben Meter Höhe $3\frac{3}{4}^\circ$ und bis zu 2 m Höhe $5\frac{1}{2}^\circ$. Die Bodenluft ist daher in heiteren Nächten überaus fest an der „Erdoberfläche verankert“. Die enorm starke Abkühlung zeigt die Wichtigkeit sorgsam angestellter Messungen unmittelbar am Boden, besonders für den Landwirt, denn es liegt klar zutage, daß die Ablesung der Lufttemperatur in 2 m ein völlig falsches Bild ergeben kann. Bei trübem Wetter und ruhiger Luft geht die Temperaturzunahme bis auf Null herunter (Isothermie), so daß *Hellmann* für die zehnteilige Bewölkungsskala (B) und die Höhenstufe von 5 bis 50 cm die Formel für den Temperaturunterschied $0,27^\circ (10-B)$ vorschlägt. Wird das Wetter unruhig oder regnerisch, so kann die Temperaturzunahme auch in eine Abnahme übergehen. In solchen Fällen kann man natürlich keine einfache Formel aufstellen. Es kommt dabei weiter der Zeitpunkt in Frage, von dem ab eine Änderung der Witterung eintrat. Die eben besprochenen Temperatur-Minima werden nämlich am Ende des zweiten Abschnittes der nächtlichen Abkühlung erreicht (der erste betrifft den durch die Lambertische Formel darstellbaren Abfall nach Sonnenuntergang, während des zweiten von 6—7 Stunden Dauer erfolgt die Abkühlung wesentlich langsamer, und beim dritten setzt mit der Wärmedämmung

wieder das Steigen der Temperatur ein). Am Schluß seiner Abhandlung weist *Hellmann* auf die Strahlung benachbarter Häuser oder Heustadel hin, deren Einfluß bei diesen Beobachtungen sorgfältig ausgeschaltet werden muß. Kr.

Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris.
Tome 163, 1915.

Über die Laichwanderung der Seeforelle (*Salmo fario lacustris* L.) (L. Roule). Verfasser hat Untersuchungen angestellt über die Ursachen der Wanderungen des Lachses, und hat gefunden, daß die Veranlassung der Erscheinung in letzter Linie der Umstand ist, daß der Lachs dabei aus einem Medium mit geringem Gehalt an gelöstem Sauerstoff in ein solches mit höherem Gehalt übertritt. Er vermeidet diejenigen Gewässer, deren O-Gehalt denjenigen des Meeres nur wenig übertrifft. Nachprüfungen dieses Resultates an der Seeforelle, die ja auch zur Laichablage in die Zuflüsse steigt, ergaben eine völlige Bestätigung. Ein Zufluß des Genfer Sees, die Dranse, hatte einen wesentlich höheren O-Gehalt als das Seewasser. Noch beweiskräftiger sind die Ergebnisse vom See von Nantua. Er hat zwei Zuflüsse, von denen der eine von den Forellen benützt, der andere dagegen gemieden wird. Ersterer hatte einen bedeutend höheren, letzterer einen bedeutend niedrigeren Sauerstoffgehalt als der See. Der sichere Nachweis dieses Zusammenhanges ist für die Anlage von Fischzuchtanstalten von Bedeutung.

Der Einfluß kurzer und schwacher Temperaturerhöhungen auf den Verlauf von Gärungen (Ch. Richet und H. Cardot). Im Gegensatz zu den bisherigen Untersuchungen über den Einfluß der Hitze auf den Verlauf von Gärungen befassen sich die Verfasser mit der eventuellen Wirkung nur ganz kurzen Einwirkungs-mäßig erhöhter Temperaturen auf Milchsäureferment. Eine 5 Minuten dauernde Erhitzung auf eine Temperatur von $57-58^\circ$ vermag die Gärkraft des Ferments um 53 % (gemessen durch die Menge der gebildeten Milchsäure) zu vermindern. Aber sowohl die Dauer der Einwirkung als auch die Temperatur lassen sich herabsetzen und es ergibt sich, daß man durch 1 bis 2 Minuten dauernde Einwirkung von Temperaturen um 54° die Intensität der Gärung, wenigstens von Milchsäureferment, wesentlich herabsetzen kann. Man kann aber durch mehrmaliges Erwärmen, z. B. 5 mal 5 Minuten lang auf 54° , die Gärung fast völlig hindern. Endlich scheint es, als ob schwach antiseptische Flüssigkeiten durch kurzes, mäßiges Erhitzen eine wesentliche Erhöhung ihrer antiseptischen Kraft erfahren würden. Die Verfasser glauben, daß dieser Einfluß der kurzen, mäßigen Erhitzung von großer Bedeutung für die praktische, und speziell für die Kriegschirurgie sei, und macht die Chirurgen auf diese Tatsachen aufmerksam. Er macht einerseits geltend, daß die pathogenen Fermente wesentlich häufiger sind als das Milchsäureferment, und andererseits, daß Temperaturen von 52° , ja von 54° von der Haut noch ertragen werden, um so mehr von den inneren Organen, die weniger hitzeempfindlich sind als die Haut. R.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 3.

17. Januar 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Francis Bacon, der Philosoph des Machtgedankens.
Von *Prof. Dr. Oskar Kraus, Prag*. S. 33.

Psychographie des Mediziners. Von *Dr. Otto Lipmann, Klein-Glienicke bei Potsdam*. S. 39.

Die Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes in ihren Beziehungen zum Kulturzustand des Forstes. Von *Dr. Hans Walter Frickhinger, München*. S. 43.

Mineralogisch-petrographische Mitteilungen:
Untersuchungen über Schmelzgleichgewichte.

Statistische Diagramme über die Zusammensetzung der Mineralien der Epidotgruppe. Hochkomplexe Gemische und Verbindungen als Glieder eines Vielstoffsystems. Die Natur der Misch-Kristalle mit anomaler Doppelbrechung. Wertvolle Beobachtungen über die Kristalle metallischer Stoffe. Methode zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit an metallischen Schmelzflüssen. Bildung kolloidalen Schwefels aus Sulfiden. Zustandekommen und Eigenschaften von Bodenausblühungen. S. 46–48.



Die bewährte
Drahlampe

Osram

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhändler, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 6.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petizelle angenommen.

Bei jährlich	6	12	26	50 maliger Wiederholung
	10	20	30	40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel

Von Dr. J. König

Dr.-Ing. h. c., Geh. Reg.-Rat, o. Prof. an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster i. W.

Soeben erschien:

Dritter Band:

Untersuchung von Nahrungs-, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen

3. Teil: Die Genußmittel, Wasser, Luft, Gebrauchsgegenstände, Geheimmittel und ähnliche Mittel

Unter Mitarbeit von:

Prof. Dr. A. Beythien-Dresden, Dr. C. Griebel-Berlin, Dr. L. Grünhut-München, Dr. A. Scholl-Münster i. W., Prof. Dr. A. Spieckermann-Münster i. W., Prof. Dr. A. Thienemann-Plön (Holstein), Prof. Dr. J. Tillmans-Frankfurt a. M. und Prof. Dr. K. Windisch-Hohenheim

Herausgegeben von Dr. J. König

Dr.-Ing. h. c., Geh. Reg.-Rat, o. Prof. an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster i. W.

Vierte, vollständig umgearbeitete Auflage

Mit 314 Abbildungen im Text und 6 lithographischen Tafeln

Preis gebunden M. 62.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform.

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

17. Januar 1919.

Heft 3

Francis Bacon, der Philosoph des Machtgedankens¹⁾.

Von Dr. Oskar Kraus,

Professor der Philosophie in Prag.

Als Wilhelm Wundt in seiner Rede „Über den wahrhaften Krieg“ am 10. September 1914 gegen *Jeremy Bentham*, einen der größten Menschenfreunde aller Zeiten, die Beschuldigung ausstieß, er habe durch die schnöden Grundsätze seiner eigensüchtigen Morallehre die englische Volkseele vergiftet, er habe das Streben nach materiellem Gewinn und Gelderwerb seinen Landsleuten als höchstes Ideal gepredigt und „rückichtslosesten Egoismus gegen andere Nationen“ für erlaubt erklärt, so daß er eben dadurch zum intellektuellen Urheber des Weltkrieges geworden sei, da war es mir ein leichtes, diese Anschuldigungen durch die Herausgabe meines Buches „*Jeremy Benthams Grundsätze für ein künftiges Völkerrecht und einen dauernden Frieden* (Principles of international law)“ zu widerlegen²⁾. Erhebt doch *Bentham* „das größte Wohl aller Nationen zusammengenommen“ zum obersten Ziele seines internationalen Gesetzbuches und fordert nicht nur wie *Kant*, dem er zeitlich vorangeht, vollkommene Gerechtigkeit im Völkerverkehr und bei der Schlichtung zwischenstaatlicher Streitigkeiten, sondern stellt Grundsätze auf, die noch umfassender sind als jene der Schrift „Zum ewigen Frieden“ und geradezu den Kern des modernen wissenschaftlichen Pazifismus und des Wilsonschen Programmes bilden.

Schon in der Einleitung zu dem erwähnten Buche habe ich auch gegen die andere Behauptung *Wundts* Widerspruch erhoben, im Gegensatz zu *Bentham* sei es unter den großen englischen Philosophen *Bacon*, zu dem wir „mit Ehrfurcht und Dankbarkeit“ emporzublicken haben. Nicht als obich das Genie *Bacons* verkleinern oder dem Pamphlete *Liebigs* beistimmen möchte, das schon von *Sigwart* und *Heußler*³⁾ zurückgewiesen worden ist; aber mögen uns *Bacons* Geistesgaben mit Be-

¹⁾ Der Aufsatz dürfte, obwohl er in seinem Fortgange das Gebiet der *Naturwissenschaften* verläßt und in das Politische übergreift, den Lesern nicht unwillkommen sein, eben wegen der zeitgemäßen Aufdeckung dieser Beziehungen *Bacons* zur Gegenwart. Er gewinnt auch an Interesse durch die Behauptung *Balfours*: „Seine (Deutschlands) Geschichtsschreiber und Philosophen predigten den Glanz des Krieges. Die Macht wurde als der wahre Zweck des Staates proklamiert.“ (An die Ver. St. am 16. 1. 1917.)

Die Schriftleitung.

²⁾ Halle a. S. bei Niemeyer 1915.

³⁾ *Francis Bacon* und seine geschichtliche Stellung, Breslau 1889.

wunderung erfüllen, es genügt, die Schilderung seines Landsmannes *Macaulay* zu lesen, um zu begreifen, daß sich manche versucht fühlten, das Charakterbild *Bacons* mit einer Zeichnung nach *Rembrandts* Manier zu vergleichen: „sonnenheller Mittag um die Stirne, tiefe Nacht um das Herz“.

Bacons ganzes Leben war dem Kultus der Macht gewidmet; er buhlte um die Gunst *Elisabeths* und erschemelte sich die höchsten Gnaden *Jakob I.*, der ihn zum mächtigsten Manne des Reiches emporhob. Der Gewalt seiner Rede vermochte sich niemand zu entziehen, und die Macht seiner Feder beherrschte Jahrhunderte. Er selbst aber erlag der Versuchung des Augenblicks, und die Schwäche der eigenen Begehrlichkeit verursachte den Sturz des bestechlichen Mannes. Die Disharmonie zwischen Geist und Gemüt schmerzt uns, wie eine Dissonanz unser Ohr beleidigt; diese Disharmonie durchdringt auch sein Lebenswerk, mindert seinen Wert und unsere Dankbarkeit. Diese Zwiespältigkeit zeigt sich in der Art der Durchführung seines großartigen Programms.

Bacon kennt drei Arten menschlichen Machtstrebens: „die eine ist der Trieb, im eigenen Vaterlande zu erhöhter Macht zu gelangen, die andere ist das Verlangen, dem Vaterlande zur Erweiterung seiner politischen Macht zu verhelfen, die dritte ist der Wunsch, die Herrschaft des ganzen menschlichen Geschlechtes über die Natur zu vermehren.“

Bacon war nicht imstande, dieses dreifache Machtstreben in einer wohl abgestimmten Synthese zu vereinigen; er hätte dies nur vermocht, wenn er klar erkannt hätte, daß das Streben nach Macht in allen Fällen durch das ethische Gebot begrenzt werden müsse und wenn er diese Grenzen in Wort und Tat eingehalten hätte. Aber seine eigene Willensmacht versagte gegenüber seiner streberischen Schwäche und versündigte sich gegen sein Vaterland; ebenso verließ er in den Anweisungen zur Erweiterung des politischen Herrschaftsbereiches *Britanniens* jede sittliche Schranke, und indem er endlich ein unersättliches Streben nach Unterjochung der Naturgewalten in der Menschheit entfachte, lenkte er sie von den höchsten Idealen auf untergeordnete Ziele hin.

In der Philosophiegeschichte wird *Bacon* gewöhnlich als der Begründer oder wenigstens als der Analytiker der induktiven Methode gefeiert. Dieses Verdienst wurde in neuerer Zeit mehrfach bestritten; seine „Induktion“ sei mehr der „Abstraktion“ verwandt, die „Ursachen“, deren Erforschung er lehre, seien platonische „Ideen“ oder

aristotelische „Formen“; zweifellos ist, daß er eine vollkommene Analyse des induktiven Verfahrens schon darum nicht geben konnte, weil sie ohne Eingehen in die Wahrscheinlichkeitsrechnung unmöglich ist, die seiner Zeit und besonders seinem mathematikfremden Intellekt unbekannt war. Aber es ist ebenso zweifellos, daß er lehrte, von den Erfahrungstatsachen auszugehen und das Experiment zu benutzen, daß er einen bedächtigen Aufstieg vom Einzelnen und Besonderen zum Allgemeinen forderte, daß ihm eine zweckentsprechende Abänderung der Umstände oder Instanzen als Mittel methodischer Beobachtung vorschwebte, und daß er die *inductio per enumerationem simplicem* als wertlos erkannte. Wie sonderbar uns auch sein „induktives“ Verfahren anmuten mag, so ist doch nicht zu leugnen, daß es ihn zu der Idee gelangen ließ, die Wärme in einer Art von Bewegung kleinster Teile zu sehen. Doch hierüber wollen wir nicht handeln. Wir wollen nur seine Philosophie der Macht skizzieren, zu der sich seine „induktive Methode“ verhält wie das Mittel zum Zweck. Darum nannte er sein berühmtestes Buch das „*Novum Organum*“. Denn es beanspruchte ein neues Organ, ein Werkzeug zu sein, mit dessen Hilfe der menschliche Verstand die schwierigsten Probleme mit eben derselben Leichtigkeit bewältigen sollte, wie ein Hebekran die schwersten Lasten: „*velut per machinas*“ gleichsam wie mit Maschinen. Bewußt stellt er es dem aristotelischen Organon entgegen, das die Lehre von der Induktion zugunsten der deduktiven Syllogistik vernachlässigt hatte¹⁾. Und wie *Aristoteles* in einer dieser logischen Schriften die Trugschlüsse der Sophisten zu entlarven gelehrt hat, welche der dialektischen Beweisführung Fallstricke legen, so geht *Bacon* vor allem daran, die verschiedenen Trugbilder und abergläubischen Vorurteile zu zerstören, die als „Idole“ der Naturforschung hindernd in den Weg treten. Er stürzt jene Götzenbilder, um an ihre Stelle ein einziges höchstes Idol zu setzen, d. i. die Macht, die Herrschaft.

Bacons Philosophie ist die Philosophie des Machtgedankens, des Imperialismus; eines dreifachen Imperialismus: eines intellektuellen, eines technisch-physikalischen, eines politischen.

Ich nenne *Bacons* intellektuellen Imperialismus, was man auch sein enzyklopädisches Programm nennen könnte. Er selbst nannte es die Beherrschung des *globus intellectualis*. Er nahm die Enzyklopädie methodisch in Angriff durch einen geordneten Überblick über die Wissensgesamtheit; sein Einfluß auf *D'Alembert* ist bekannt. Als Einunddreißigjähriger schrieb er in einem Bewerbungsgesuch an Lord *Burleigh*: „Ich habe alles Wissen zu meiner Provinz gemacht.“ — Dieses Wissen sollte ihm den Weg zu Macht und Ansehen in seinem Vaterlande bahnen. Als Herold

eines technisch-physikalischen Imperialismus trat er auf, sofern er die Menschheit zur Beherrschung der Naturgewalten, zur Eroberung des *globus naturalis* mit der ganzen Kraft seiner Beredsamkeit anfeuerte. Als Verkünder des politischen Imperialismus endlich ist er anzusehen, sofern er das Ziel einer Beherrschung des *globus politicus* im Auge hatte und eine Methodik der politischen Machterweiterung entwarf.

Der Zusammenhang zwischen dem intellektuellen und dem technisch-physikalischen Imperialismus liegt auf der Hand; in *Bacons* „*Nova Atlantis*“, einer physikalisch-technischen Utopie, hat er seinen interessantesten Ausdruck gefunden.

Als ihren Zweck bezeichnet ihr Herausgeber, der Sekretär *Bacons*, den Entwurf eines Musters oder einer Beschreibung einer Gesellschaft zur Erklärung der Natur und zur Erzeugung großartiger und wunderbarer Werke, die dem Wohl der Menschen zu dienen haben. Diese Gesellschaft führt den Namen des Hauses Salomonis oder Kollegium der Werke der 6 Schöpfungstage. Der Plan *Bacons*, zugleich auch das Ideal einer Staatsverfassung zu zeichnen, kam nicht zur Ausführung. Auf einer weltentlegenen Insel, Bensalem genannt, lebt in einem geschlossenen Handelsstaate, einem entfernten Vorläufer des Fichteschen, ein glückseliges Volk. Es unterhält keine Schifffahrt in fremde Länder mit Ausnahme von Forschungsreisen, die völlig inkognito alle zwölf Jahre unternommen werden, um wissenschaftliche und technische Spionage in anderen Ländern zu treiben und Erfindungen zu hamstern. Einer von den Vätern des Hauses Salomonis, jenes wissenschaftlichen Ordens, dessen Idee man wiederholt mit dem Freimaurertum in Verbindung zu bringen versucht hat, erklärt schiffbrüchigen Europäern den Zweck der Gesellschaft, der später (1645) den Gründern der royal society vorschwebte: „Der Endzweck unserer Gründung ist die Erkenntnis der Ursachen und der inneren Bewegungen und Eigenschaften der Dinge und die Erweiterung der Grenzen menschlicher Herrschaft zwecks Erzeugung aller möglichen Gegenstände.“ Und nun folgt eine lange Aufzählung aller Forschungsinstitute und Laboratorien, deren Bensalem sich rühmen kann: wir hören von unterirdischen Bergwerken, wo sonderbare Alchymie betrieben wird, und von Tagbauen, wo künstliche Tonerden und Düngmittel erzeugt werden. Bensalem besitzt Observatorien in hoher Lage zum Zwecke meteorologischer Beobachtungen, Salz- und Süßwasserseen und ebensolche Teiche; Triebwerke mittels Wasserkraft oder Wind. Künstliche Mineralquellen und Heilwässer; Institute, wo meteorologische Erscheinungen künstlich erzeugt werden, wie Blitz und Donner und Regen, aber auch allerlei fliegendes Getier, denn *Bacon* glaubt an die fortdauernde Urzeugung des Organischen aus dem Unorganischen. Es gibt Heißluftkammern und Dampfbäder, wie überhaupt alle möglichen Badeanstalten zu Heilzwecken.

¹⁾ Vgl. das sehr instruktive Werk „*Francis Bacon und seine Quellen*“ von *Emil Wolff*, 1. Bd., S. 171 u. 232, Berlin 1910.

Der Gartenpflege, der *Bacon* auch einen seiner ausführlichsten *Essais* widmete, wird besondere Sorgfalt zugewendet: die Veredelung wilder Fruchtarten bringt herrliche Erfolge. In Treibhäusern wird die Reifezeit beliebig geregelt, ebenso die Größe der Bäume und ihrer Früchte, ihr Geschmack, Duft, ihre Farbe und Gestalt. Hier wird auch Pharmakologie betrieben, Urzeugung von Pflanzen und Mutationen bestehender Arten in neue bewerkstelligt. Es gibt Stallungen und Gehege, Terrarien und Aquarien, damit an Tieren Zuchtversuche und Vivisektionen vorgenommen werden können. Neue fortpflanzungsfähige Arten werden durch Kreuzung hervorgebracht. Auch Tiere werden durch Urzeugung methodisch fabriziert. Großartige Anstalten dienen der Nahrungsmittelchemie und der Herstellung von Elixieren und Nährpräparaten. Die Heilmittelkunde steht auf unerreichter Höhe dank der Mannigfaltigkeit der Heilstoffe und einem wunderbaren synthetischen Verfahren. Die Papierindustrie und die Manufaktur übertrifft die kontinentale infolge anderwärts unbekannter Maschinen. Auf verschiedenartigste Weise — besonders auch durch Bewegung — wird Wärme erzeugt, die nach *Bacon* selbst eine Art der Bewegung ist. Ebenso gibt es Laboratorien zum Zwecke des Studiums aller optischen und Strahlungserscheinungen. Teleskope und vervollkommnete Augengläser sowie Mikroskope von besonderer Feinheit werden hergestellt. Nicht minder wird die Akustik in besonderen Tonhallen studiert; Mikrophone und Telephone — allerdings nicht elektrische — sind dort zu finden. Parfum- und Konfiturenhäuser lassen neben dem Gesicht- und Gehörsinn auch den Geruch und Geschmackssinn auf seine Rechnung kommen. Aber den Höhepunkt bildet ein *Maschinenhaus* zur Erzeugung aller Arten von Bewegungen: hier werden gewaltige Schnelligkeiten erzeugt; die Ballistik wird studiert und die Schnelligkeit und Kraft der Geschosse durch Rotation und auf andere Weise gesteigert. Die dort hergestellten Geschütze übertreffen alles bisher Dagewesene. Alle Arten von Kriegswerkzeugen werden hier fabriziert. Neue Explosivstoffe werden erfunden: Feuer, das auf dem Wasser schwimmt und nicht gelöscht werden kann. Man fragt sich vergeblich, wozu der geschlossene und aller Welt unbekannte Staat Bensalems und der *pacificus ingressus scientiae* diese intensive Rüstungsindustrie benötigt. *Bacon* fährt fort: „Wir ahnen da auch den Flug der Vögel nach. Wir haben Gerüste und Apparate für den Flug durch die Luft, den geflügelten Tieren ähnlich. Wir haben Schiffe und Boote, welche unter Wasser fahren und den Stürmen der See trotzen.“ Der englische Herausgeber bemerkt hierzu: ein solches Unterseeboot hätte *Drebbel* im Jahre 1620 ausgestellt. Interessant scheint mir hier der enge Zusammenhang zwischen den artilleristischen Zerstörungsmitteln und den Untersee- und Luftschiffen,

den idealen Vernichtungswerkzeugen und den idealen Verkehrsinstrumenten. Bei all diesen technischen Unternehmungen darf ein Haus der Mathematik und Geometrie nicht fehlen. Bedeutsam stellt *Bacon* an den Schluß dieser Aufzählung eine Anstalt der Sinnestäuschungen und Blendwerke. Hier werden alle Illusionen dargestellt, jedoch nicht, um zu täuschen und scheinbare Wunder zu tun, sondern im Dienste der Wahrheit, allem Lug und Trug entgegen. Es scheint mir offensichtlich, daß dieses Institut aufklärerische Zwecke verfolgt. *Bacon* haßte nichts so sehr, wie den Aberglauben. In eben denselben *Essais*, wo er den berühmten Ausspruch tut, die Philosophie, obenhin studiert, führe von Gott ab, tiefer geschürft jedoch zu Gott zurück, um dessentwillen ihn *Leibniz* so sehr rühmt, in eben diesen *Essais* erklärt er den Unglauben für erträglicher als den Aberglauben. So hat man gewiß manchen Anlaß, diese Schrift *Bacons* mit Ideen des Freimaurertums in Verbindung zu bringen; jedenfalls verfolgt *Bacon* auch Ziele der Aufklärung; jene Ordensangehörigen, die das gesammelte wissenschaftliche Material verarbeiten und zu neuen Erkenntnissen vordringen, heißen *Träger des Lichtes*. Folgendes kann man mit Sicherheit sagen: *Bacon* strebte an die Erforschung der Naturvorgänge, ihrer Gesetze und Ursachen, die Zerstörung des Wunder- und Aberglaubens und eine überschwängliche Steigerung der technischen Macht. Die Zauberei des Aberglaubens soll durch die technischen Wunderwerke der Naturwissenschaft ersetzt werden. Auf ihr beruht die Glückseligkeit Bensalems.

Man hat *Bacons* Philosophie eine „industrielle Philosophie“, „die Philosophie des Patentbureaus“ genannt. Zweifellos ruht sie auf einer Überschätzung der intellektuellen und technischen Kultur auf Kosten der Kultur des Gemütes, die er zwar selbst sehr schön die *georgica animi* nennt, die aber in seinen Werken ähnlich in den Hintergrund tritt, wie in England die Agrikultur gegenüber der Industrie. Die Ideale seiner *Nova Atlantis* wurden nicht nur erreicht, sondern in ungeahnter Weise übertroffen. Unterseeboot und Flugapparat, Mikrophon und Telegraph sind in ungleich großartigerer Weise verwirklicht, als *Bacon* ahnte. Es ist kein bloßer Zufall, daß der maschinelle Großbetrieb in dem Heimatlande *Bacons* seinen Ursprung hat; aber neben dem modernen Industrialismus auch der moderne *Kapitalismus* und *Imperialismus*. In England war es, wo *Karl Marx* die erschütternden Bilder menschlicher Sklaverei und rücksichtsloser Ausbeutung geschaut hat, die er in seinem Werke „Das Kapital“ mit aufrüttelnder agitatorischer Kraft schildert. Er staunte über das, was er das ökonomische Paradoxon nennt: die Bedingungen allgemeiner Wohlfahrt scheinen gegeben, indem die Maschine die Entlastung der Menschheit von mühseliger Arbeit verheißt —, aber diese Bedingungen allgemeiner Wohlfahrt schlagen um in

Ursachen des Massenelends. In seiner Schrift über die technischen Fortschritte nach ihrer ästhetischen und kulturellen Bedeutung erinnert der Wiener Philanthrop *Josef Popper* an die Worte des *Aristoteles*: „Wenn . . . das Weberschiff von selbst zwischen Zettel und Einschlag hin- und herliefe, oder der Schlägel des Zitherspielers von selbst die rechten Saiten träfe, so würden Menschenhände bei keiner Kunst zur Ausübung nötig sein. Ein Baumeister würde keine Zimmerleute und Handlanger und ebenso wenig ein Herr und Hausvater der Diensthofen und Sklaven bedürfen.“ Nun ist all dies und mehr gelungen — aber eine entsprechende Erlösung und Entlastung der schwer arbeitenden Menschheit ist nicht eingetreten. Auch *Popper* staunt über dieses Paradoxon und findet den Grund, warum derartige Hoffnungen sich nicht erfüllen, in zwei Momenten: Erstens leisten die Maschinen zum Teil — durch *Verdichtung* mechanischer Energie — derartige qualifizierte Arbeit, die durch Summierung von Menschenarbeit gar nicht geleistet werden kann; es wird also vielfach eine neue Qualität von Arbeitsleistung eingeführt und nicht eigentlich Menschenarbeit ersetzt. Eine Dampfmaschine von 10 000 Pferdekräften ersetzt nicht etwas, was von Menschen oder Tierkräften je geleistet werden könnte. Wichtiger aber ist der zweite Grund: man übersehe, daß es zur Entlastung der Menschen nicht genügt, wenn Weberschiffchen und Zitherschlägel automatisch ihre Arbeit tun, sondern, daß sie auch nicht mehr zu tun bekommen dürften, als zur Zeit, wo der menschliche Arm sie führen mußte. Allein gerade dies ist der Fall. Mit anderen Worten: das Arbeitspensum wächst in unheimlicher Progression, und diese Steigerung ist nicht etwa durch das Wachstum der Existenzbedürfnisse, der unentbehrlichen Lebensnotwendigkeiten hervorgerufen, sondern durch die *Unersättlichkeit* und *Ungeduld* der menschlichen Begierden. Die Ungeduld steigert das Geschwindigkeitsmaß und die Unersättlichkeit die Größe der geforderten Arbeitsleistung. Die Sucht nach Gewinn, Reichtum und Luxus kennt — wie *Aristoteles* schon wußte — keine Grenzen. Sie ist es, die als schrankenloser Kapitalismus die technische Macht in kulturelle Ohnmacht, ja in kulturelles Elend, sie ist es, die die Naturherrschaft zum Mittel der Klassenherrschaft wandelt. Die Maschine kann nicht der Messias der Menschheit werden. Im Gegenteil! Zur maschinellen Ausbeutung der Naturkräfte gesellte sich die gesteigerte Ausbeutung der Menschenkräfte! Und als endlich nach jahrzehntelangen sozialen Kämpfen Institutionen geschaffen wurden, die den größten Ausschreitungen kapitalistischer Gier gegen die eigenen Volksgenossen vorzubeugen geeignet waren, so daß das Geschwür der Habsucht im Innern des Staates nicht schrankenlos fortwuchern konnte, da wandte es sich mit verstärkter Kraft nach außen: Handelsvorteile über andere Staaten und Völker zu er-

ringen und den Absatz durch Erweiterung der politischen Herrschaft in möglichst weiten Grenzen möglichst zu sichern, wurde das Ziel der nach außen geeinten Kollektivitäten. „Der schrankenlose Wettbewerb der Nationen“, sagt *Goldscheid*, „entfaltet den Kapitalismus; der international vom Aufstieg der Arbeiterklasse immer härter bedroht ist, zum Imperialismus.“ — Und diesem wirtschaftlichen Motive gesellen sich nationale und Rasseninstinkte und andere Momente, die alle vereint erst dem modernen Imperialismus sein Gepräge verleihen.

Die naturwissenschaftlichen Errungenschaften liefern die Mittel zu seiner Verteidigung. „Als eine ausschließlich wohltätig wirkende technische Leistung“, sagt *Popper* in dem zitierten Schriftchen, „dürfen wir das bloße Einandernäherbringen der Völker nicht ansehen, denn beinahe jede Eisenbahn dient ebenso wohl für den Völkerverkehr als für Militärtransporte“; und, so können wir hinzufügen, jeder telegraphische Apparat kann ebenso das Licht einer heilspendenden Entdeckung augenblicklich über die Welt verbreiten, wie eine Emser Depesche entsenden.

So sind denn unsere technischen Gewalten zweischneidige Waffen. Wo die sittliche Hemmung und Führung fehlt, entsteht innerstaatlich das wirtschaftliche, zwischenstaatlich das kosmopolitische Paradoxon, das in dem Momente aufhört verwunderlich zu sein, wo man erkennt, daß die technische Kultur ohne die *georgica animi*, ohne die Kultur des Gemütes aus einer Wünschelrute zur Geißel der Menschheit wird.

Auf Mittel zu sinnen, um unheilvollen Folgen des technischen Imperialismus vorzubeugen, ist *Bacon* nicht verfallen, obgleich ihm, als einem Bewunderer *Machiavellis*, nahe lag, seine Zukunftshoffnungen nicht auf die Güte der menschlichen Natur zu bauen. Erzeugte doch selbst das Land seiner Sehnsucht, die *Nova Atlantis*, Vernichtungswerkzeuge von unerhörter Furchtbarkeit. Eine raffinierte Kriegsindustrie verursachte ihm nicht den geringsten moralischen Skrupel. Wie hätte das auch der Fall sein sollen, da ihm doch der äußerste politische Imperialismus als etwas Löbliches, ja Ideales galt.

Kuno Fischer sagt in seinem bekannten Werke über *Bacon* und seine Nachfolger: „Die Römer beehrten die Herrschaft über die Völker, *Bacon* die Herrschaft über die Natur.“ Das ist unrichtig. *Bacon* begehrte die Herrschaft über die Natur und über die Völker; er bewunderte in den Römern ein nachzueiferndes Vorbild.

Noch mehr: er übertrug die Grundsätze *Machiavellis*, den er studierte und auf den er sich nicht selten beifällig berief, auf die äußere Politik Englands, deren Ziel er in einer großartigen Machterweiterung erblickte.

Seinem *Novum Organum* der Naturbeherrschung setzte er ein *Novum Organum der Weltbeherrschung* zur Seite; er ist der erste Methodiker des Imperialismus.

Seine Abhandlung über die wahre Größe von Britannien ist Fragment geblieben. Vielleicht könnte diese Arbeit am ehesten die Meinung erwecken, als sei *Bacon* einer erobernden Machtpolitik Englands abhold gewesen. Allein, was mit Unrecht diesen Schein erweckt, ist vorzüglich der Gedanke, daß die räumliche Größe des äußern Herrschaftsbereiches an und für sich noch nicht die wahre Größe eines Staates ausmacht, wenn diese territoriale Ausdehnung nicht der inneren Kraft des Staates entspricht und daher nicht von Dauer sein kann. Nirgends wird das Verlangen nach Herrschaftserweiterung auf seine ethische Berechtigung geprüft, vielmehr lehrt *Bacon*, in allen Fällen nur darnach zu fragen, ob der britische Staat auch die *Macht* besitzen würde, eine etwaige Herrschaftsvermehrung aufrecht zu erhalten und welches die Bedingungen seien, um dieses Imperium zu verbürgen? Die Extensität der Macht muß der Intensität proportional sein. Sonst zerfällt das Reich.

Wenn *Brie* in einer Schrift über „die imperialistischen Strömungen in der englischen Literatur“¹⁾ meint, Nützlichkeitserwägungen hätten *Bacon* gehindert, eine Machtpolitik Englands zu befürworten, so kann das wohl nur dahin verstanden werden, er habe bloß einer bedingten Erweiterung der Reichsgrenzen das Wort geredet, bedingt nämlich durch die innere Kraft, das Gewonnene festzuhalten.

Sagt doch *Brie* selbst: „Charakteristisch genug zieht *Bacon* an *Vergils Aeneis* vor allem der großartige imperialistische Gedanke an, die Verherrlichung des römischen Weltreiches als der gewaltigsten historischen Erscheinung, die die Erde kennt“²⁾.

In einer Parlamentsrede am 17. Februar 1606 scheut er nicht davor zurück, das Gleichnis Christi vom Senfkörnlein von dem Reiche Gottes auf das Reich Jakob des Ersten zu übertragen, das berufen sei, von unscheinbaren Anfängen immer mächtiger emporzuwachsen und seine Wipfel auszubreiten. Und in einem Athem beruft er sich auf *Machiavelli*, der mit Recht jene Rede verspottete, die da das Geld den Nerv des Krieges nennt, denn der wahre Lebensnerv eines Krieges sei der *nerve* Arm des wehrhaften Mannes. Britannien dürfe sich nicht von Spanien übertrumpfen lassen, das sich erkühne, von einer Monarchie im Westen zu träumen, nach der Devise *video solem orientem in occidente*, ich sehe die Sonne aufgehen gen Sonnenuntergang, und dies nur darum, weil es einigen wilden, unbewaffneten Völkern Gold, Minen und Schätze geraubt habe! Dem gegenüber stehe dies Eiland von Britannien, mit seiner Lage und seinen Männern, das fraglos das beste Eisen der Welt, das heißt die besten Soldaten besitze, aber an nichts anderes denke als an Rechnungen und Revisionen und an Mein und Dein und ich weiß nicht an was. Und ein andermal versichert

er seinem Könige, daß er als der beste der Herrscher über das beste der Völker regiere und fordert dringendst, daß er sich des Meeres bemächtige. Und heute nach dreihundert Jahren hält sich das englische Volk für das zur Seeherrschaft und damit zum Weltimperium von Gott auserwählte, und das Lied *Britannia rules the waves* ist zur Nationalhymne geworden.

Drei Jahre vor seinem Tode im Jahre 1623 gab *Bacon* sein Buch „*De dignitate et augmentis scientiarum*“ erweitert heraus. Er richtete sich darin unmittelbar an seinen König. Das achte und vorletzte Buch bringt in seinem dritten Kapitel einen Traktat „*de proferendis finibus imperii*“ über die Erweiterung der staatlichen Herrschaftsgrenzen. Wie sehr dem Philosophen die hier vorgetragenen Grundsätze am Herzen lagen, kann man auch daraus ersehen, daß dieses Kapitel nahezu wörtlich den *Essais* entnommen ist, denen *Bacon* selbst die größte Verbreitung und Nachwirkung wünschte. Ebenso hat er unter den Allegorien, die seine *sapientia veterum* enthält, den „*Perseus oder über den Krieg*“ zu jenen dreien gezählt, die nach seiner Meinung die vortrefflichsten seien. Auch sie hat er in jenes Buch aufgenommen.

In eben diesem Werke also, das im 6. Kapitel des 3. Buches erklärt: dem Verfasser liege der friedfertige Fortschritt der Wissenschaften, nicht jener der Waffen am Herzen, in eben demselben Werke finden wir die Anleitung zur kriegerischen Erweiterung der staatlichen Grenzen und machiavellistische Ratschläge für kriegerische Unternehmungen.

Es sind folgende zehn Gebote:

1. Weder die Trefflichkeit der Ausrüstung noch die Größe der Armee sind ausschlaggebend: die Hauptbedingung für die Großmachtstellung eines Staates ist ein kriegerischer Menschen-schlag.

2. Ein von Steuern und Abgaben bedrücktes Volk taugt nicht zur Herrschaft.

3. Man lasse den Adel und bevorzugte Stände nicht zu üppig wuchern; ein gesunder, kräftiger Mittelstand liefert allein eine kriegstüchtige Infanterie, die der Lebensnerv eines jeden Heeres ist.

Eine wohlhabende bäuerliche Bevölkerung ist vor allem wünschenswert.

4. Beginnt die Herrschaft sich über gewaltige Gebiete zu erstrecken, so muß nach dem Vorbild der Römer bei Verleihung des Bürgerrechtes und der Gleichberechtigung überhaupt liberal vorgegangen werden; das gilt auch von der Heranziehung zum Kriegsdienste und von der Verleihung militärischer Kommandostellen.

5. Beschäftigungen, die mit sitzender Lebensweise verbunden sind, zartere Handarbeiten sind mit kriegerischem Geiste unvereinbar. Man überlasse sie Eingewanderten und Sorge für Ackerbauer, Knechte und derbere Handwerker, wie

¹⁾ Anglia 1916, Bd. 40.

²⁾ Vgl. Ernst Wolff l. c. II. Bd. 1913, S. 272.

Schmiede, Maurer, Zimmerleute, deren Beschäftigung die Arme stiehlt.

6. Vor allem aber ist für die Größe des Imperiums nötig, daß der militärische Beruf zum Hauptpunkt der Ehre, des Studiums und der Übung gemacht werde. Ohne dauernde Übung in den Waffen keine Großmacht.

7. Der betreffende Staat muß ferner für die Einbürgerung solcher Gesetze und Gewohnheiten sorgen, welche ihm ermöglichen, jederzeit gerechte Kriegsanklässe oder wenigstens Vorwände für einen Krieg zu finden.

„Denn dem menschlichen Herzen ist eine so mächtige Gerechtigkeitsliebe eingepflanzt, daß es einen Krieg, aus dem so viel Jammer entspringt, nicht ohne einen gewichtigen Rechtfertigungsgrund, sei es auch nur ein scheinbarer, verantworten möchte.“

„Nationen, die nach Großmachtstellung streben, müssen also sehr empfindlich werden für Beleidigungen, die ihren Grenzbewohnern, Kaufleuten oder Gesandten angetan werden, und über das Vorhandensein einer Herausforderung (provocation) nicht zu lange brüten. Insbesondere müssen sie stets eifrig und schnell ihren Bundesgenossen zur Hilfe eilen und wie die Römer keinen anderen hierin zuvorkommen lassen.

Ohne jede Gelegenheit zur Rüstung wahrzunehmen, kann kein Staat erwarten, groß zu werden.“

Dabei gilt ihm, wie seine Abhandlung über die Herrschaft zeigt, *gegründete Furcht vor augenscheinlicher Gefahr als ein rechtmäßiger Grund zum Kriege*, eine solche Bedrohung erblickt er in der übermäßig anwachsenden Macht eines Staates. („Considerations touch. a war with Spain“ Wolff I. c. II. S. 23.)

8. Kein Körper, sei es ein natürlicher, sei es ein politischer Staatskörper, kann ohne Übung gesund bleiben und für jegliches Staatswesen ist ein gerechter und ehrenhafter Krieg die rechte Übung. Ein Bürgerkrieg zwar gleicht der Hitze des Fiebers, ein auswärtiger Krieg dagegen der Wärme des Turnens, die dem Körper gesund ist. Ein fauler Friede verweichlicht den Mut und verdirbt die Sitten⁴⁾. Die Frage der persönlichen Glückseligkeit beiseite gelassen, ist es für die Größe des Staates unerlässlich, beständig unter Waffen zu sein. Und mag ein stehendes Heer kostspielig sein, so ist es doch nur dieses, wodurch man Nachbarstaaten den eigenen Willen aufzwingt oder sich bei ihnen Ansehen verschafft.

9. Herr des Meeres zu sein ist der Inbegriff (an abridgment) einer Monarchie. Vielfach haben Seeschlachten Kriege entschieden. Gewiß ist, daß, wer die Herrschaft über die See besitzt, eine sehr freie Hand hat und so viel und so wenig vom Kriege haben kann, als er will, während diejenigen, die an Landstreitkräften überlegen sind, zuweilen doch in arge Klemmen geraten. Sicher

ist, daß bei uns in Europa heutzutage die Seeherrschaft — welche die wesentlichste Aussteuer dieses Königreiches Großbritannien bildet — von größtem Vorteil ist; teils weil die meisten Staaten Europas keine bloßen Binnenreiche, sondern zum großen Teile von der See umgürtet sind, teils weil die Schätze und Reichtümer beider Indien gleichsam ein Zugehör der Seeherrschaft bilden.“

10. Zur Anfächung des kriegerischen Mutes ist endlich für Orden, Ehrenzeichen, Invalidenhäuser und ähnliche Anstalten Sorge zu tragen.

Noch drastischer offenbart sich der machiavellistische Geist *Bacons* in seiner Deutung der Perseussage, die er sowohl in der Enzyklopädie, als auch in der Allegoriensammlung de sapientia veterum wiedergibt. Mittel und Wege, um die staatliche Herrschaft auszudehnen, sind grundverschieden von der Methode, sein Privateigentum zu vermehren; hier mag die Achtung vor dem Nachbarrechte maßgebend sein, dort tritt an ihre Stelle die günstige Gelegenheit, die Durchführbarkeit und der Vorteil einer kriegerischen Unternehmung. Die „Gerechtigkeit der Kriegsursache“ — bzw., wie wir wissen, der Schein einer solchen — ist wünschenswert, denn sie vermehrt die Freudigkeit der Soldaten und der Bevölkerung, welche die Kriegslasten trägt, verhilft zu Bündnissen und verschafft Freunde und eine Menge von Annehmlichkeiten. „Keine liebenswürdigere Kriegsursache aber gibt es als die Befreiung von der Tyrannei, durch welche ein Volk erstarbt, gleichwie beim Anblick des Medusenhauptes.“ Perseus empfängt von Merkurs Flügel Eile, von Plutos Helm Verborgenheit und vom Schilde der Pallas Vorsicht. Er zieht die scheußlichen Gräen heran, die den Verrat und deren Gaben lügenhafte Gerüchte und Volksaufwiegelung bedeuten. Hauptsache aber ist: Perseus überfällt die Medusa im Schläfe; denn wer einen Krieg mit Weisheit und Vorsicht unternimmt, überfällt den Gegner, während er sich unvorbereitet in Sicherheit wiegt. Sehr bemerkenswert ist endlich die Deutung, die *Bacon* in demselben Werke der Sage vom Styx zuteil werden läßt. Dieser verhängnisvolle Fluß, aus dessen Bereich kein Wanderer wiederkehrt, der ihn einmal überschritten, und den die Götter zum Zeugen ihrer Schwüre anrufen, versinnbildlicht die einzige Bürgschaft für die Einhaltung der Eide, mit denen Bündnisse und politische Freundschaften beschworen werden: das ist die Notwendigkeit, der Zwang der Umstände, der den Staatsmann nötigt, das gegebene Wort zu halten.

Nichts ist für *Bacon*, den manche für den Dichter der Shakespeareschen Dramen halten, bezeichnender, als daß er um derartiger Deutungen willen die Allegorie für die wertvollste Dichtungsart hielt. Er nahm auch hier äußere Verwertbarkeit für innern Wert. Vermöge ihrer geistreichen und überraschenden Auslegung gedachte er als Schriftsteller ebenso auf die Nachwelt Einfluß zu üben, wie er als Redner, der durch Bilder, Gleichnisse und Antithesen den Stoff meistert, die aufhorchende Mitwelt seiner Rhetorik unter-

⁴⁾ *Moltkes* Ausspruch „ohne den Krieg würde die Welt versumpfen und sich in Materialismus verlieren“ ist also ein Zitat aus *Bacon*.

warf. — Auch in dieser Beziehung ist er der Widerpart seines Landsmannes *Bentham*, dessen Schreibweise durch abschreckende Reizlosigkeit berüchtigt wurde, und der aller Rhetorik abgeneigt war, dessen Wirkung auf Gegenwart und Zukunft aber in eben dem Maße zunehmen, als die *Bacons* sich verflüchtigen wird. Studierte *Bacon* die Ursachen der Naturerscheinungen, um über die Naturgewalten zu triumphieren, so machte *Bentham* die springs of action, die Motive der menschlichen Handlungen, der Verbrechen und Kriege zum Gegenstand seiner Forschung, um die Herrschaft über die Leidenschaften und über sich selbst davon zu tragen. An die Stelle eines imperialistischen Militarismus setzte er einen pazifistischen Utilitarismus, der nicht auf den Nutzen eines einzigen Volkes, sondern den der ganzen Menschheit abzielt. Ich habe an anderer Stelle gezeigt*), wie diese Nützlichkeits- und Wohlfahrtslehre, von ihrem hedonistischen Charakter befreit und auf alle seelischen Werte erweitert, uns lehrt, das Beste des weitesten Kreises anzustreben und den Einzelnen, den Staat und die Menschheit zu einem Novum Organum der größtmöglichen Verwirklichung seelischer Güter zu machen.

Heute ringt der Geist *Bacons* und der Geist *Benthams* in der äußern und innern Politik um die Vorherrschaft. Von dem Ausgange dieses Kampfes hängt die Zukunft der Menschheit ab.

Psychographie des Mediziners.

Von Dr. Otto Lipmann, Klein-Glienicke b. Potsdam.

Im Zusammenhang mit der aus Kriegsnotwendigkeiten erwachsenen Forderung einer möglichst ökonomischen Verteilung der Arbeitskräfte auf die verschiedenen Berufe hat man in neuerer Zeit auch in Deutschland begonnen, sein Augenmerk der Frage zuzuwenden, welche Eigenschaften es denn sein mögen, die den einen besonders zu diesem, den andern zu jenem Berufe befähigen, oder, von der Seite der Berufe her betrachtet: welche Eigenschaften die tüchtige Ausübung des einen Berufes im Unterschiede von anderen Berufen erfordere. Was die „mittleren“ Berufe betrifft, so ist hier in verhältnismäßig kurzer Zeit schon eine ganz erhebliche Arbeit geleistet, und es sind hier für eine „psychologische Berufsberatung“ nicht nur Grundlagen geschaffen¹⁾, sondern auch schon praktisch verwertet worden; ich erwähne hier nur die Arbeiten des „Sekretariats für Berufs- und Wirtschaftspsychologie“, das vermittels einer etwa 150 Fragen umfassenden Eigenschaftsliste sich von sehr vielen Zentralarbeitsverbänden solche

psychologische Berufsscharakteristiken beschaffte, sowie experimentelle Untersuchungen über die Berufseignung von Kraftfahrern, Straßenbahnführern, Lokomotivführern, Schriftsetzern, Funkentelegraphisten, Metallarbeitern.

Entsprechende Maßnahmen auf dem Gebiete der „höheren“ Berufe befinden sich in einem noch weniger fortgeschrittenen Stadium. Wir sind hier noch mit theoretischen Vorarbeiten beschäftigt und von einer praktischen Verwertung der Ergebnisse noch weit entfernt. Immerhin verdient in diesem Zusammenhange angemerkt zu werden, daß bei dem jüngst in Berlin veranstalteten „Kursus für Berufsberatung der Akademiker“ auch die psychologische Analyse der höheren Berufe einen der Verhandlungsgegenstände bildete; das deutet darauf hin, daß man auch hier schon versuchen will, die psychologische Erforschung der erforderlichen Berufseigenschaften in den Dienst einer psychologischen Berufsberatung zu stellen.

Betrachtet man die theoretische Frage der psychologischen Berufsanalysen unter diesem praktischen Gesichtspunkte einer psychologischen Berufsberatung, so ergibt sich die Notwendigkeit der getrennten Untersuchung zweier Teilfragen: Worin liegt die Eignung für die Ausübung eines höheren Berufes überhaupt? und: Worin liegen die spezifischen Bedingungen der Eignung für diesen oder jenen der höheren Berufe?

Die erste dieser Teilfragen ist im Zusammenhange mit dem „Aufstieg der Begabten“ in letzter Zeit sehr oft behandelt worden. Ich darf wohl als bekannt voraussetzen, daß man vielfach als das ausschlaggebende Merkmal der Eignung für einen höheren Beruf die *Intelligenz* betrachtet, d. i. nach *Stern*²⁾ „die allgemeine Fähigkeit eines Individuums, sein Denken bewußt auf neue Forderungen einzustellen, — die allgemeine Anpassungsfähigkeit an neue Aufgaben und Bedingungen des Lebens“. *Piorkowski*³⁾ engt diesen Begriff noch weiter ein, indem er von den verschiedenen Denkfunktionen, in denen die Intelligenz sich betätigen kann, besonderen Wert auf das *Kombinieren* legt. — Dadurch, daß man begonnen hat, bei dem Verfahren zur Auslese der Begabten auch experimentelle Methoden, Intelligenzprüfungen, zu verwenden und ihre Ergebnisse dem Ausleseverfahren zugrunde zu legen, wird der Anschein erweckt, daß den genannten intellektuellen Merkmalen der Eignung ein allein ausschlaggebender oder jedenfalls ein höherer Wert beizumessen sei als anderen, die mehr der Willenssphäre angehören, wie Fleiß, Gewissenhaftigkeit u. dgl. Da solche Eigenschaften sich der experimentellen Prüfung

*) Vgl. Anm. 2, S. 33 und meine Habilitationsschrift: Zur Theorie des Wertes. Eine Benthamstudie. Halle 1901, u. insbes. Franz Brentanos „Ursprung sittlicher Erkenntnis“.

¹⁾ Vgl. Lipmann, Psychologische Berufsberatung. Ziele, Grundlagen und Methoden. Flugschrift Nr. 12 der Zentralstelle für Volkswohlfahrt. Berlin, Carl Heymann, 1917. Preis 40 Pf.

²⁾ Stern, Die Intelligenzprüfung an Kindern und Jugendlichen, Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1916. Preis 5,50 M.

³⁾ Piorkowski, Beiträge zur psychologischen Methodologie der wirtschaftlichen Berufseignung. Beiheft 11 zur Zeitschrift für angewandte Psychologie (Hrsg. Stern und Lipmann). Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1915. Preis 3 M.

entziehen, so beginnt man mit Recht, der psychologisch orientierten *Beobachtung* der Schüler seitens ihrer Lehrer wenigstens *neben* dem Experiment eine bedeutungsvollere Rolle zuzuweisen. Man wird sogar die Beobachtung nicht auf die eben genannten Eigenschaften beschränken, sondern sie auch auf die intellektuellen⁴⁾ zu erstrecken haben und damit schließlich vielleicht dazu gelangen können, die experimentelle Prüfung, die in mannigfacher Hinsicht nur ein Notbehelf ist, ganz oder wenigstens größtenteils überflüssig zu machen.

Nicht nur in bezug auf praktische Maßnahmen, sondern auch hinsichtlich der Theorie befindet sich gegenüber der Auslese der überhaupt für höhere Berufe Geeigneten die zweite der zu behandelnden Teilfragen noch sehr im Rückstande, nämlich die, worin man die spezifischen Eignungsmerkmale für die verschiedenen höheren Berufe zu erblicken hat, unter welchen Gesichtspunkten eine Differenzialdiagnose der Eignung für diesen oder jenen der höheren Berufe aufgebaut werden soll.

Wir müssen uns, bevor wir dieser Frage näher treten, erst einmal über den Begriff des „Berufes“ Klarheit zu verschaffen suchen und diesen Begriff hierzu streng gegen den des „Faches“ abgrenzen. Innerhalb der medizinischen Fachwissenschaft z. B. gibt es eine große Anzahl verschiedener Berufe, die — eben als „Berufe“ betrachtet — z. T. mit Berufen innerhalb anderer Fächer in sehr viel näheren Verwandtschaftsverhältnissen stehen als untereinander. Der Beruf des praktischen Arztes ähnelt in mancher Hinsicht dem des Rechtsanwaltes, ja auch dem des Geistlichen, der Beruf des Anatomen oder Bakteriologen dem des gleichfalls als Universitätslehrer tätigen Zoologen oder Chemikers, und die berufliche Tätigkeit des Mediziners als Schriftsteller, Referent oder Herausgeber einer Zeitschrift unterscheidet sich in formaler Hinsicht nur wenig von der entsprechenden Tätigkeit des Vertreters einer anderen Wissenschaft. Was allen diesen Medizinern trotz der Verschiedenheit ihrer Berufe gemeinsam ist, das ist in erster Linie ihre wissenschaftliche Vorbildung. Und wenn es überhaupt möglich sein soll, Eigenschaften zu finden, die für den Mediziner im allgemeinen wesentlich sind, so müssen sie in erster Linie darin liegen, daß sie das *Studium* der Medizin erleichtern oder ermöglichen.

Es ist das Verdienst von *Martha Ulrich*, ein Schema⁵⁾ gegeben zu haben, mit dessen Hilfe es dem Vertreter eines Berufes nicht schwer werden

⁴⁾ *Rebhuhn*, Entwurf eines psychographischen Beobachtungsbogens für begabte Volksschüler. Zeitschrift für angewandte Psychologie Bd. 13. Auch separat: Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1918. Preis 45 Pf.

⁵⁾ *Ulrich*, Die psychologische Analyse der höheren Berufe als Grundlage einer künftigen Berufsberatung nebst einem psychographischen Schema für die medizinische Wissenschaft und den ärztlichen Beruf. Zeitschrift für angewandte Psychologie Bd. 13 und Nr. 5

kann, diejenigen Eigenschaften zu bezeichnen, die er für eine erfolgreiche Ausübung seines Berufes für wesentlich hält. So liegen uns denn auch bereits von mehreren Medizinern solche Antworten vor, und einige davon beziehen sich auch auf diejenigen Eigenschaften, die von dem Studium der Medizin als solchem erfordert werden. Ich beschränke mich hier, wie auch im folgenden, wenn ich Antworten auf die Ulrichsche Enquête anführe, jedesmal auf einige wenige Beispiele. Ich wähle diese unter solchen Eigenschaften, die als „unbedingt erforderlich“ oder als „ein unbedingter Gegengrund“ bezeichnet werden, und lasse diejenigen ganz unberücksichtigt, die dem Beantworter nur als „sehr wichtig“ oder „wünschenswert“ bzw. als „sehr hinderlich“ oder „unerwünscht“ gelten. Die Auswahl des Beispiels soll aber keineswegs besagen, daß die genannte Eigenschaft nun etwa die allein ausschlaggebende sei. Ich bediene mich bei der Aufzählung der Eigenschaften des Wortlautes der Ulrichschen Frageliste und füge an einigen Stellen in [] die von den Beantwortern gegebenen Erläuterungen hinzu.

So wird z. B. für das medizinische Studium als „unbedingt erforderlich“ bezeichnet: eine besondere Schärfe und Feinheit der Sinneswahrnehmungen. [Ein feines Unterscheidungsvermögen für Farben ist u. a. für die Beurteilung pathologisch-anatomischer, besonders mikroskopischer Präparate, chemischer Reaktionen u. ähnl. von Wichtigkeit.] Als „unbedingter Gegengrund“ gilt z. B. Empfindlichkeit gegen unangenehme Sinnesindrücke [Darmkrankheiten; Uteruskarzinom; auch in lauter Umgebung muß man untersuchen können; Armenpraxis].

Nachdem wir uns bisher einigermaßen darüber unterrichtet haben, was für die Ausübung eines höheren Berufes überhaupt und was dann weiter für die Ausübung eines medizinischen Berufes im allgemeinen als wesentlich betrachtet wird, kommen wir erst jetzt zu denjenigen Eigenschaften, auf welche die eigentliche *Berufsberatung* — wenn wir „Beruf“ in dem oben geschilderten engeren Sinne verstehen — aufzubauen ist.

Wird natürlich schon die Wahl des Studienfaches mit in erster Linie durch Interessenrichtungen und Neigungen zu bestimmen sein, so gilt dies in noch viel höherem Grade und in ausschlaggebender Weise von der eigentlichen Berufswahl. Während es mir nämlich immerhin noch fraglich erscheint, ob und in welchem Grade eine *inhaltliche* Interessenrichtung auf eine entsprechende inhaltliche Begabung hinweist — ob z. B. der Gegensatz zwischen Natur- und Geisteswissenschaften sich in Interessen- und Begabungs-Gegensätzen widerspiegelt, die in korrelativer Abhängigkeit voneinander stehen —, scheint mir

der Schriften zur Psychologie der Berufseignung und des Wirtschaftslebens (her. v. *Lipmann* und *Stern*). Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1918. Preis 1 M.

ein solcher Zweifel hinsichtlich der Beziehung zwischen *formalen* Interessenrichtungen und Begabungen nicht gerechtfertigt, und eben diese mehr formalen Bestimmungen machen das aus, was ich im engeren Sinne unter einem „Beruf“ verstehe.

Die Berufe lassen sich, unabhängig von ihren inhaltlichen Beziehungen zu Fachgebieten, einteilen in solche, die einen Umgang mit *Menschen* erfordern, in solche, die es im wesentlichen mit *Dingen* zu tun haben, und in solche, bei denen die Berufstätigkeit hauptsächlich in *gedanklichen* Beschäftigungen besteht. — In die erste Klasse gehört unter den Medizinern der praktische Arzt oder Spezialarzt, sofern es sich um einen Umgang mit *einzelnen* Menschen handelt — der Universitätslehrer, sofern der Umgang in einem Verkehr mit Kollektivitäten besteht; im einen Falle wird das spezifisch *ärztliche* Interesse im Mittelpunkt des Berufsinteresses stehen, im andern Falle das Interesse an der *Lehrtätigkeit*, an Dingen von mehr organisatorischer Art, die den gegenwärtigen Stand und den Fortschritt der Wissenschaft betreffen. — In die zweite Gruppe wären diejenigen Mediziner einzureihen, die nicht so sehr als Ärzte wie als beobachtende und experimentierende Naturwissenschaftler zu betrachten sind; denn zu dem Umgang mit „Dingen“, der für diese Gruppe im Unterschied zu der ersten Gruppe charakteristisch sein soll, gehört sinngemäß ja auch der Umgang mit Tieren, ja — sit venia verbo — auch der mit Menschen, sofern sie im wesentlichen als Versuchsobjekte gelten. (Vielleicht darf ich hier die Anmerkung einfügen: der Mediziner, der mehr auf „Sachen“ als auf „Menschen“ eingestellt ist, der mehr Interesse an wissenschaftlicher Erkenntnis als am Heilen hat, der möge Forscher, aber nicht Arzt, und besonders nicht Operateur werden!) Wir unterscheiden in dieser Gruppe zwei Untergruppen danach, ob es sich mehr um eine Beschäftigung mit *gegebenen* Dingen und Verhältnissen oder um solche handelt, die eine experimentelle *Veränderung* gestatten und erfordern; in die eine Untergruppe gehört der Anatom, in die andere der Bakteriologe, Serologe usw. — Von den oben genannten drei Typen der Ausübung eines höheren Berufes, dem „persönlichen“, dem „sächlichen“ und dem „gedanklichen“, findet sich wohl der letzte innerhalb der Medizin am seltensten rein vertreten, obwohl es auch hier Gelehrte gibt, deren Interesse und Begabung sich vorzugsweise in der gedanklichen Verarbeitung, Zusammenfassung und dergl. der wissenschaftlichen Forschungsergebnisse betätigt, die Hysterietheorien aufstellen, sich theoretisch mit Psychoanalyse, Suggestion usw. beschäftigen.

Auch die Tatsache, daß auch der „persönliche“ und der „sächliche“ Typ vielleicht nur verhältnismäßig selten in einem medizinischen Berufe rein zur Geltung kommen, ist kein Argument gegen die vorgeschlagene Typisierung; denn die tatsächliche Kreuzung der Berufe ist ja z. T. z. B. durch unsere Universitätsverhältnisse bedingt, die auch

den rein sachlich-wissenschaftlich Interessierten zwingen, auch Vorlesungen zu veranstalten.

Für die Medizin entspricht der „sachliche“ Typus dem des Forschers, die beiden Untergruppen des „persönlichen“ Typus denen des *Anwenders* und des *Lehrers*. Das sind die drei Typen, die auch *Fischer*⁶⁾ einander gegenüberstellt. Andere Typenbildungen in bezug auf die Ausübung höherer Berufe überhaupt begnügen sich mit der Gegenüberstellung des Forschers und des Lehrers, wobei, wie man sieht, für die Medizin der besonders wichtige rein ärztliche Beruf als solcher unberücksichtigt bleibt.

Der „Forscher“ ist der „Klassiker“ (*Ostwalds*⁷⁾), der „Arbeiter“ v. *Mádays*⁸⁾), charakterisiert nach *Ostwald* durch Langsamkeit und Gründlichkeit, ferner nach v. *Máday* durch Altruismus, gutmütige und friedliche Gesinnung, ruhiges, phlegmatisches Temperament, durch mehr objektive als subjektive Stellungnahme, die sich mehr auf allgemeine Lebenslagen (Prinzipien) als auf spezielle Situationen bezieht und mehr auf Überlegungen als auf Gefühle gründet; er besitzt eine mehr konstruktive als destruktive Triebrichtung, seine Tätigkeit hat einen hohen Kapazitäts- und niedrigen Intensitätsfaktor, seine Arbeitszeit ist lang, seine Erholungszeit kurz, er ist fleißig, ein Muskelschoner (Hypotoniker), Abendschläfer, er arbeitet morgens, seine Aufmerksamkeit ist konzentriert, seine Geistestätigkeit mehr intensiv als extensiv. Nach *Piorkowski*³⁾ hat er ferner die Tendenz, gegebene Begriffe auf dem kürzesten, prägnantesten, logisch schärfsten Wege zu kombinieren, unter allen möglichen die wahrscheinlichste Kombination zu finden. — In allen diesen Beziehungen verhält dieser Typ sich gegensätzlich zu dem des „Lehrers“, des „Romanikers“ *Ostwalds*, des „Kämpfers“ v. *Mádays*.

Dadurch, daß hier zwei Berufe einander gegenübergestellt werden, die wenigstens bei uns und besonders auch in der Medizin fast immer in einer Person vereinigt sind, verliert diese Typenbildung an praktischer Bedeutung. Andererseits deutet sie aber auch auf einen Mangel in unserer Organisation des wissenschaftlichen Betriebs: es ist ja auch sonst schon oft hervorgehoben worden, daß die notwendige Verquickung des Forschens und des Lehrens mancherlei Nachteile mit sich bringt; wir sehen nun, daß diese Verquickung auch psychologisch betrachtet ein Unding ist, da der reine „Forscher“ und der reine „Lehrer“ sich in vielfachen psychologischen Beziehungen geradezu gegensätzlich verhalten, d. h. daß es grundsätzlich falsch ist, allgemein vorauszusetzen, daß der hervorragende Forscher auch ein tüchtiger Lehrer sei und umgekehrt. — Für die Medizin

⁶⁾ *Fischer*, Über Beruf, Berufswahl und Berufsberatung als Erziehungsfragen. Leipzig, Quelle & Meyer, 1918. Preis 3,50 M.

⁷⁾ *Ostwald*, Große Männer. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1909.

⁸⁾ v. *Máday*, Kämpfer und Arbeiter. Umschau Bd. 19 (1915).

liegt die Sache insofern noch schlimmer, als hier der „Forscher“ und „Lehrer“ meist ja auch noch als Arzt, also als „Anwender“ tätig zu sein hat.

Viel wichtiger als die oben geschilderte Typenbildung ist daher für die Medizin sowohl unter theoretischem Gesichtspunkte wie unter dem praktischen einer Berufsberatung oder Berufswahl die Gegenüberstellung auf der einen Seite derjenigen Berufe, die es mit der medizinischen Wissenschaft (als Forscher und Lehrer) zu tun haben, andererseits der rein *ärztlichen* (anwendenden) Berufe. Bevor wir näher auf die psychologische Analyse dieser Berufe eingehen, sei noch kurz auf andere Gesichtspunkte hingewiesen, die tatsächlich heute wohl in hohem Grade für die Berufswahl maßgebend sind; sie betreffen das, was Fischer⁶⁾ als die „Lebenssphäre“ der verschiedenen Berufe bezeichnet. Es genügt hier, darauf aufmerksam zu machen, in wie hohem Grade die Lebenssphären etwa des Universitätslehrers, des großstädtischen Spezialarztes und des Landarztes sich voneinander unterscheiden in bezug auf Wohnung und Lebenshaltung, Art und Personen des Verkehrs, Möglichkeiten und Arten der Zerstreuungen und Vergnügungen, der beruflichen Weiterbildung usw. und mit in erster Linie: in bezug auf die Ausübung des Berufes selbst, den Wechsel von Arbeit, Erholung und Ruhe.

Für die berufliche Ausübung der *medizinischen Wissenschaft* als solcher bezeichnet Ulrich⁵⁾ z. B. als „unbedingt erforderlich“: ein überwiegendes Interesse für das Allgemeine, Abstrakte, Sachliche (objektive Einstellung) [da die Medizin eine generalisierende oder Naturwissenschaft ist].

Für die wissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiete der *Physiologie* und *Pharmakologie* wird u. a. als „unbedingt erforderlich“ genannt: die Fähigkeit zum Denken in abstrakten, allgemeinen Begriffen [klare Vorstellung mathematisch-physikalischer Dinge].

Als „unbedingt ausschließend“ für den Beruf des *praktischen Arztes* gilt beispielsweise: die Unsicherheit der Stellungnahme, Beeinflussbarkeit durch innere Hemmungen (Zweifel, Befürchtungen, Mangel an Selbstvertrauen) [Innere Unsicherheit lähmt die Tatkraft des Arztes und läßt ihn unter Umständen bei lebensrettenden Eingriffen den entscheidenden Augenblick verpassen. Für die Tätigkeit des Arztes, zum mindesten für den äußeren Erfolg beim Publikum, ist sogar ein ungerechtfertigtes resp. übertriebenes Selbstvertrauen nützlicher als eine allzustrenge Selbstkritik. Vgl. Faust I].

Ein *Nervenarzt* bezeichnet u. a. als „unbedingt erforderlich“: kritische Begabung gegenüber Personen und Handlungen [speziell um richtige, teilweise richtige und Wahnvorstellungen kritisch zu unterscheiden. Nicht jede „auffallende“ Vorstellung ist krankhaft], — als „unbedingt ausschließend“: Neigung zu langer Nachwirkung unangenehmer Erlebnisse („verdorbene Stimmung“) [Der Arzt muß imstande sein, unlustvolle Gefühle

rasch abzuschütteln; denn er hat bei seiner Tätigkeit so viele trübe und aufregende Eindrücke zu verarbeiten, daß eine lange Nachwirkung derselben ihn seelisch auf das stärkste gefährden würde].

Für einen *Augenarzt* gilt als „unbedingt erforderlich“ u. a.: weitgehende Übungsfähigkeit (Routine, Automatisierung der Leistungen) [sowohl für Verordnungen wie für technische Eingriffe], — als „unbedingter Gegengrund“: eine leichte Erregbarkeit der Affekte („leidenschaftliche Natur“). [In der Dunkelkammer schönen Patientinnen gegenüber nicht den Kopf verlieren.]

Ein Arzt für *Haut- und Geschlechtskrankheiten* nennt z. B. als „unbedingt erforderlich“: die Fähigkeit, sich viel (und vielerlei Verschiedenes) auf einmal zu merken [z. B. die komplizierten dermatologischen Verordnungen], — als „unbedingt ausschließend“: Neigung zu zähem Festhalten an Anschauungen, Gewohnheiten, Neigungen usw. (Konservativismus).

Endlich bezeichnet ein Spezialarzt für *innere Krankheiten* als „unbedingt erforderlich“: die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit gleichzeitig mehreren Gegenständen zuzuwenden (Umsicht), — und als „unbedingten Gegengrund“: Furcht vor der Übernahme von Verantwortungen [die der ärztliche Beruf überhaupt täglich und stündlich erfordert].

Abgesehen davon, daß ich hier ja nur Beispiele angeführt habe, kann natürlich auch die vollständige Beantwortung eines solchen Fragebogens noch nicht als ein fertiges „Psychogramm des Mediziners“, sondern nur als Material hierzu gelten. Für eine solche Materialsammlung scheint der Ulrichsche Fragebogen in hervorragender Weise geeignet, und ich möchte diese Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne die Leser dieser Zeitschrift aufzufordern, auch ihrerseits zur Herbeischaffung solcher Bausteine beizutragen⁹⁾. Berufspsychogramme müssen das Ergebnis einer Zusammenarbeit der Berufsvertreter und des Psychologen sein. Der Psychologe hat einen Teil der auf ihn entfallenden Arbeit durch Formulierung der psychographischen Fragen bereits geleistet; er wird weiter das ihm zur Verfügung gestellte und das noch zugehende Material nach psychologischen Gesichtspunkten zu ordnen, zu sichten und wiederum in Gemeinschaft mit einem Berufsvertreter zu verarbeiten, Unstimmigkeiten zu erklären und zu beseitigen, die Antworten psychologisch zu erläutern haben. Erst nach Erledigung aller dieser Vorarbeiten wird man an eine wirkliche Psychographie des Mediziners denken können, deren Ergebnis nicht nur

⁹⁾ Der Ulrichsche Fragebogen, der sich natürlich nicht auf die Medizin beschränkt, sondern der psychologischen Charakteristik aller höheren Berufe dienen soll, ist in der in Anmerkung 5 zitierten Arbeit abgedruckt. Er ist auch direkt von Fil. Dr. Martha Ulrich, Berlin SW 68, Neuenburger Straße 38, zu erhalten.

theoretisch-wissenschaftliches Interesse erwecken, sondern auch den praktischen Zwecken einer Berufsberatung dienen kann.

Die Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes in ihren Beziehungen zum Kulturstand des Forstes.

Von Dr. Hans Walter Frickhinger, München,

Assistent der zoolog. Abteilung der k. b. Forstl. Versuchsanstalt

(Mit 8 Abbildungen¹⁾).

Im Jahrgang 1917 dieser Zeitschrift hat F. Pax (Breslau) über die Ergebnisse seiner zoologischen Forschungen im besetzten Polen berichtet. Bei den weitgedehnten Zielen, die sich der Forscher gesteckt hatte, konnte er nicht alle Tiergruppen in gleicher Weise durchdringen, und besonders die formen- und artenreiche Insektenwelt eines Landes läßt sich kaum jemals im Zusammenhang mit anderen Tiergruppen erschöpfend behandeln. Die Studien K. Escherichs (München) im Bialowieser Urwald²⁾, die lediglich der Erforschung der forstlich wichtigen Schadinsektenwelt gewidmet waren, ergänzen dabei die Paxschen Untersuchungen über Polens Tierwelt auf das beste. Aus diesem Grunde berichten wir im Anschluß an sie über die Ergebnisse der Forschung Escherichs das Wesentlichste:

Die große Abhängigkeit der Insektenwelt von der sie umgebenden Natur macht es nötig, zuerst auf die Unterschiede zwischen unserem modernen Kulturwald und dem Bialowieser Urwald hinzuweisen. Ein Urwald im eigentlichen Sinne ist zwar der Bialowieser Forst nicht: es gibt wohl Teile in ihm mit urwaldähnlichem Charakter. Baumriesen überqueren ungenützt den Boden, Moosdecken überziehen die Baumleichen, die auch anderen jungen Sprossen Nahrung schaffen, aber diese Urwaldpartien sind gering im Vergleich zu der Größe³⁾ des Forstes von etwa 130 000 ha geschlossenen Waldes. Der größte Teil des Bialowieser Urwaldes zeigt deutlich die Spuren menschlicher Arbeit. Wenn sich die Nutznießung der Russen an dem Walde auch offenbar meist darauf beschränkte, die Dürrhölzer zu entfernen, so genützte diese Tätigkeit doch dazu, daß dem Beschauer heute im größten Teil des Forstes kein reines Urwaldbild mehr entsteht. Andererseits wollen diese menschlichen Eingriffe natürlich im Sinne unserer modernen „sauberen Wirtschaft im Walde“ recht wenig besagen. Von einer Schaffung gleichartiger und gleichalter Bestände, oder großer zusammenhängender Kahlfächen und

Kulturflächen, oder von der Entfernung jeglichen kränkelnden und absterbenden Baummaterials kann natürlich im Bialowieser Urwald keine Rede sein. Vor allem hervorzuheben ist weiterhin die bunte Mischung der Baumarten, wie sie, im scharfen Gegensatz zu den Kulturwäldern, im Bialowieser Forst zumeist noch ausnahmslos besteht. Endlich dürfen auch die überall noch völlig unberührte Bodendecke und die weiten morastigen und sumpfigen Flächen nicht unerwähnt bleiben, da sie nicht minder wie die allgemeinen waldbaulichen Verhältnisse in bezug auf die Schadinsektenwelt von großer Wichtigkeit sind.

Die Form des Auftretens der Schädlinge im Bialowieser Urwald ist denn, entsprechend seiner ganz anders gearteten Forstbeschaffenheit, auch von der Schadinsektenwelt, wie sie in unseren heimischen Kulturwäldern vorherrscht, von Grund aus verschieden.

Die Form des Schädlingsauftretens im Bialowieser Urwald.

Besonders zwei Punkte hebt Escherich hervor, welche die Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes charakterisieren: Alle sogenannten „primären“ Insekten, die gesunde Waldbäume befallen, fehlen oder treten wenigstens ganz schwach auf, und alle sogenannten „sekundären“ Insekten, welche lediglich bereits kränkelnde Bäume angehen, um ihnen vollends den Todesstoß zu geben, treten stark hervor.

Über das Auftreten der primären Insekten berichtet Escherich nach seinen Erfahrungen Folgendes; während man bei uns allenthalben angefressene Nadeln oder Blätter findet, begegnet man solchen im Urwald weit seltener. Fichten, deren Nadeln von Kleinschmetterlingsraupen, aus der Familie der Wickler (*Tortricidae*), angefressen und versponnen waren, traf Escherich nur selten an; noch weniger häufig fand er Fraßspuren von Nadelholzblattwespen aus den Gattungen *Lyda*, *Lophyrus* oder *Nematus*, wie sie bei uns häufig anzutreffen sind. „Auch von dem Nadelfraß der grauen und grünen Kurzrüßler aus der Familie der Rüsselkäfer (*Brachyderes*, *Strophosomus*, *Phyllobius* usw.) waren nur ganz spärliche Spuren zu sehen.“ Auch Triebmißbildungen an jungen Nadelhölzern, die ebenfalls auf die Tätigkeit von Kleinschmetterlingen, von Triebwicklern, hätten zurückgeführt werden müssen, oder die verschiedenen Arten von Blattfraß, wie sie bei uns einzelne Rüsselkäfer, Schmetterlingsraupen oder Blattwespenlarven, um nur die häufigsten Schädlinge zu nennen, allüberall verschulden, waren im Bialowieser Forst nur selten anzutreffen. „Beinahe noch bemerkenswerter war das Fehlen resp. starke Zurücktreten der Gallen.“ Chermes-Gallen, hervorgerufen durch die Aferblattläuse der Gattung *Chermes*, waren zwar überall zu finden, doch nirgends in großer Zahl. An Eichen fand Escherich überhaupt, trotzdem er eifrig darnach fahndete, keinerlei Gallen, auch Pappel und

¹⁾ Sämtliche photographischen Aufnahmen sind von Herrn Forstamtsassessor Franz Scheidter (München-Solln) angefertigt, dem ich für freundliche Überlassung zu Dank verpflichtet bin.

²⁾ „Forstentomologische Streifzüge im Urwald von Bialowies.“ Eine walldhygienische Betrachtung von Prof. Dr. K. Escherich, in „Bialowies in deutscher Verwaltung“. Heft 2. Berlin. Paul Parey 1917.

³⁾ 1300 km², Herzogtum Sachsen-Altenburg.

Weiden zeigten deren nicht viele, nur die Gallen einer *Blattwespe* (*Pontania salicis*) auf *Salix purpurea* begegnete dem Forscher einmal in großer Zahl.

Der im deutschen Kulturwald so verderbliche *Rüsselkäferfraß* am Wurzelhalse junger Kiefern und Fichten, den der große braune Rüsselkäfer (*Hylobius abietis*) vollführt, fehlt in Bialowies vollkommen. Den Rüsselkäfer selbst fand *Escherich* wohl, doch fehlten überall die bei uns so charakteristischen Beschädigungen an jungem Nadelholz. Dagegen waren Fraßspuren des Schäd-



Abb. 1. Prachtkäfer: *Buprestes*-Arten.

a) *Buprestes novemmaculata* L., b) Lindenprachtkäfer (*Poeccilonota rutilans* L.), c) *Dicerca berolinensis* Hbst., d) *Dicerca aenea* L. 2 × nat. Größe.

lings an den oberen Zweigen 8—10jähriger Kiefern oft zu finden. *Hylobius* steigt demnach im Urwald an den Bäumen höher hinauf. *Escherich* hält es nicht für unmöglich, daß er auch in den Kronen älterer Bäume anzutreffen ist, um dort seinen Hunger zu stillen.

Von den Hauptschädlingen des deutschen Forstes unter den Schmetterlingen scheint der Urwald lediglich der *Nonne* günstige Entwicklungsbedingungen zu bieten. Eine *Übervermehrung* der *Nonne* und dadurch bedingte ernstliche Schäden erlitt der Bialowieser Forst denn auch von



Abb. 2. Prachtkäfer: *Agrilus*-Arten.

a) Grüner Prachtkäfer (*Agrilus viridis* L.), b) Zweifleckiger Prachtkäfer (*Agrilus biguttatus* F.), c) Dünner Prachtkäfer (*Agrilus elongatus* Hbst.).



Abb. 3. Fraßbild des Kiefernprachtkäfers (*Phaenops cyanea* F.) auf der Innenseite der Rinde eines Kiefernstammes. Ca. $\frac{1}{2}$ nat. Größe.

Zeit zu Zeit einmal. Zwischen Gajuowka und Czerlanka und im Norden zwischen Mała Narewka und Cichowola deuteten ganze Kahlflächen (von

ca. 2—300 ha) darauf hin, daß hier die Nonne zerstörend gehaust hatte. Die übrigen bei uns gefürchteten Forstschmetterlinge, wie der *Kiefern-*



Abb. 4. Sägebock (*Prionus coriarius* L.), links Weibchen, rechts Männchen, nat. Größe.



a



c



b



d

Abb. 5. Bockkäfer.

a) Alpenbock (*Rosalia alpina* L.), b) Moschusbock (*Aromia moschata* L.), c) großer Pappelbock (*Saperda carcharias* L.), d) Weberbock (*Lamia textor* L.).

spanner (*Bupalus piniarius* L.), die Kieferneule (*Panolis griseovariegata* Goeze-piniperda Panz) und der Kiefernspinner (*Dendrolimus* (*Bombyx*) *pini* L.) fing Escherich wohl hier und da einmal, nirgends aber fanden sich Spuren ihrer Tätigkeit, die auf eine Massenvermehrung hätten schließen lassen.

Im Gegensatz zum Auftreten der „primären Insekten“ stand, wie schon oben betont, das auffallend starke Hervortreten der ausgesprochen sekundären Schädlinge. Insekten, die zu ihrem Gedeihen kränkeldes Pflanzenmaterial bevorzugen, sind im Bialowieser Urwald, nach dem Be-

tummelten sich an den Stämmen. (Abb. 4—6.) Der Forscher begnügt sich, die besonders charakteristischen Arten namentlich aufzuführen: neben dem Sägebock oder Gerber (*Prionus coriarius* L.) (Abb. 4), der ungemein häufig war, fanden sich unter seiner Beute der rote Schmalbock (*Leptura rubra* L.), dann die beiden *Monochamus*-Arten *Monochamus sartor* und *M. galloprovincialis*, der Ulmen-Wespenbock (*Necydalis ulmi*), der Kragenkäfer oder Pappelbock (*Saperda perforata*), weiterhin *Clythantus varius*, *Acanthoderes clavipes*, der mit dem Zimmerbock oder Schreiner (*Acanthocinus aedilis* L.) verwandte *A. griseus*, *Liopus nebulosus* usw.

(Schluß folgt.)

Mineralogisch - petrographische Mitteilungen.

Neue Untersuchungen über Schmelzgleichgewichte in mineralogisch und petrogenetisch wichtigen Systemen sind in letzter Zeit nur wenige veröffentlicht worden. In den amerikanischen Forschungsstätten wurden indessen wertvolle Studien über das ternäre System $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ durchgeführt. An Kristallarten hat man in diesem die folgenden gefunden: MgO als Periklas; Al_2O_3 als Korund; SiO_2 als Tridymit und Cristobalit; Mg_2SiO_4 als Forsterit; MgSiO_3 als Klinoenstatit; $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ als Spinell; $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ als Silimanit; $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ als Cordierit, die einzige ternäre Verbindung im genannten Dreistoffsystem. Mit Ausnahme von Klinoenstatit und Cordierit schmelzen die sämtlichen angeführten Kristallarten ohne Zersetzung. Der Cordierit vermag von den anderen Verbindungen etwas in fester Lösung in sich aufzunehmen und ist dadurch interessant, daß er in zwei Formen vorgefunden wurde, nämlich außer in der gewöhnlichen noch in einer bisher unbekannten Modifikation, die bei Temperaturen über 950° in die gewöhnliche stabilere Form übergeht. Das dem untersuchten System nahe verwandte System $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ konnte aus versuchstechnischen Gründen noch nicht in Angriff genommen werden; da aber die natürlichen Schmelzflüsse stets auch Eisenoxydul neben Magnesia enthalten, so ist es notwendig, über die voraussichtliche Beschaffenheit des genannten Systems ins klare zu kommen. Man hat indessen Grund zu der Annahme, daß der Ersatz des Magnesiumoxyds durch Eisenoxydul die Gleichgewichtsverhältnisse qualitativ nur wenig beeinflussen dürfte (s. Rankin und Merwin, Amer. Journ. of sc. [4] 45, S. 301—325). Eine interessante Untersuchung über die Grenzen der Mischkristallbildung zwischen Kochsalz und Sylvin teilte R. Nacken (Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Berlin, 1918, S. 192—200) mit. Die Schmelzen von KCl- und NaCl-Gemischen erstarrten bekanntlich zu homogenen Mischkristallen, welche bei niedriger Temperatur trübe werden und deutliche Entmischungserscheinungen aufweisen. Zur Untersuchung der Homogenität der anfangs erhaltenen Mischkristalle eignet sich vortrefflich die Bestimmung der Änderung der Lichtbrechung mit der Zusammensetzung. Die Mischkristalle selbst wurden erhalten durch rasches Abschrecken der Schmelzen in Quarzglasröhrchen. Durch einfache thermische Expositionsversuche gelang es alsdann, die ganze Entmischungskurve im Zustandsdiagramm aufzunehmen. Diese besitzt ein Maximum bei



Abb. 6. Fraßbild des großen Pappelbocks (*Saperda carcharias* L.), $\frac{1}{4}$ nat. Größe.

richt des Forschers, in Massen vorhanden. Vor allem sind es die Borkenkäfer (*Tomiciden*), die Prachtkäfer (*Buprestiden*) und die Bockkäfer (*Cerambyciden*), die einem überall in aufdringlicher Weise begegnen und „die das forstentomologische Bild geradezu beherrschen“.

An Prachtkäfern (Abb. 1—3) erwähnt Prof. Escherich vier Arten, die es ihm häufig in großer Zahl zu erbeuten gelang: *Buprestis rustica*, *B. maculata*, *B. haemorrhoidalis* und *Phaenops cyanea*. Ein Käfersammler konnte sich in einem Paradies dücken, so viel herrliche Bockkäfer

der „kritischen Entmischungstemperatur“ 495° und einer Zusammensetzung von 65 Mol.-% NaCl und 35 % KCl, während man früher dieselbe bei 400° und 50 % NaCl angenommen hatte.

Statistische Diagramme über die Zusammensetzung der Mineralien der Epidotgruppe sind Gegenstand einer Arbeit von W. Eitel (Neues Jahrb. f. Miner. etc. Beil. Bd. 42, 1917, S. 173—222; 1918, S. 223—271), in denen Fünf-, Sechs- und Siebenstoffsysteme aus den dieselben zusammensetzenden oxydischen Komponenten zugrundegelegt werden müssen. Die Untersuchungen sind also einfache Anwendungen der früher erwähnten theoretischen Arbeit über die Vielstoffsysteme im allgemeinen. Im einzelnen ist hervorzuheben, daß beim Epidot und Zoisit die statistische Übersicht die *Tschermak-Ludwigischen* Anschauungen über deren Zusammensetzung als zu eng gefaßt erweist, ferner, daß es Klinozoisite und eisenoxydreiche Zoisite gibt, die denselben Fe_2O_3 -Gehalt besitzen. Infolgedessen greifen die Mischungsgebiete der genannten Mineralien zum Teil übereinander, es muß also eine der Mischkristallreihen instabil sein, vermutlich also monotropen oder pseudomonotropen Zuständen entsprechen. Zur vollständigen Diskussion der Zusammensetzung des Manganepidots (Piemontits) ist leider das vorhandene Analysenmaterial noch etwas zu klein. Demgegenüber ist die Zusammensetzung des Orthits, jenes sehr merkwürdigen Epidotes mit Gehalt an seltenen Erden, klar zu überschauen an Hand der projektiven Darstellung des „vieldimensionalen Mischungskörpers“; insbesondere sind auch die gegenseitigen Beziehungen unter den verschiedenen Epidotmineralien gut bestimmt; man darf den Orthit als eisenoxydulreichen, durch hohen Gehalt an seltenen Erden gekennzeichneten Mischkristall ansprechen, der Epidot und Piemontit ist dagegen eisenoxydularm und vermag nur wenig an seltenen Erden aufzunehmen. In einem Konzentrations-Tetraeder der vier Komponenten Al_2O_3 — $(\text{K}, \text{Na})_2\text{O}$ — $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})\text{O}$ — CaO stellt P. Niggli in seinen Untersuchungen über die petrographischen Provinzen der Schweiz (Verhdlgn. d. Schweizer Naturf. Gesellsch. 99. Jahres-Vers. Zürich 1917) die Zusammensetzung der Gesteine dar. Bei dieser Projektion nehmen die Eruptivgesteinsanalysen einen verhältnismäßig kleinen Raum innerhalb des Tetraeders ein, die Unterschiede gegen die Sedimentgesteine sind jedenfalls sehr beträchtlich, so daß es auch ohne weiteres möglich ist, die sogenannten Ortho- und Paragesteine der metamorphen Formationen zu unterscheiden. Ebenso anschaulich ist die Methode, wenn es darauf ankommt, die Erscheinungen der magmatischen Differentiationen darzustellen; weil diese mit Vorgängen verbunden sind, welche Anlagerungen von Kieselsäure an vorhandene „Kerne“ darstellen und solcherart den Hydratbildungen in wässrigen Lösungen entsprechen. Die sogenannten atlantischen und pazifischen Sippen der Gesteine unterscheiden sich dabei wesentlich durch die Art der Reaktionsgleichgewichte, die zur Bildung von bestimmten Alumosilikaten führen. Auf Grund der statistisch-analytischen Studien kann man aussagen, daß in den petrographischen Provinzen der Schweiz die Intrusionen der karbonischen und kretazisch-tertiären Zeit basisch sind, während der Hauptfaltungen aber der chemische Charakter der Magmen stark nach der SiO_2 -reichen Seite hin entwickelt erscheint, und es treten gewaltige Intrusionen von Monzonit, Diorit, Syenit- und Granit-Gesteinen auf; ganz wie im Gebiete des Schwarzwalds und des Erzgebirges schließen sich daran freilich später wiederum basische In- und Extrusionen an.

Hochkomplexe Gemische und Verbindungen lassen sich immer als Glieder innerhalb eines Vielstoffsystems auffassen; dieser Gedanke hatte ja auch bei den vorstehend genannten Arbeiten dazu geführt, komplizierte Mineralien und Gesteine durch graphische Darstellung ihrer Zusammensetzung dem Verständnis möglichst weitgehend zu erschließen. Wie die allgemeine Aufgabe gelöst wird, irgend einen Komplex innerhalb eines von bekannten Verbindungen bestimmten Teilsystems eines umfassenderen Gesamtsystems zu untersuchen und darzustellen, zeigte W. Eitel in einer ergänzenden Mitteilung zu seinen Untersuchungen über die Gleichgewichte in polynären Systemen (Zeitschr. f. anorg. Ch. 103, 1918, S. 253—255). Daß es insbesondere für technische Zwecke manchmal vorteilhafter ist, nicht die Probleme der Vielstoffsysteme in der von P. T. Schoute theoretisch angeregten Art auf mehrdimensional-geometrischem Wege zu lösen, hat uns E. Zschimmer (s. in dies. Zeitschr. S. 308—312) dargelegt. Ob die Anwendung der Methode auch bei Kalisalzproblemen wesentliche Erleichterung bringen wird, erscheint noch fraglich; sie würde für petrogenetische Probleme indessen vorläufig wohl die allgemein brauchbarste sein.

Interessante Erörterungen über die Natur der Mischkristalle mit anomaler Doppelbrechung enthalten Untersuchungen von G. Tammann (Nachr. d. K. Ges. d. Wiss., Göttingen, math.-phys. Kl. 1917). Man hatte bis jetzt auf Grund der verdienstvollen Untersuchungen von R. Brauns die optischen Anomalien in Mischkristallen auf innere Spannungen zurückgeführt. Durch Temperaturerhöhung kann man beobachten, daß solche Mischkristalle die Anomalien verlieren, ohne daß diese bei der Abkühlung wiederkehren. Da nach älteren Untersuchungen von V. Stortzenbecker die Löslichkeit der anomalen Mischkristalle gegenüber den normalen eine größere ist, so hat man allen Grund zu der Annahme, daß die ersteren weniger stabil sind als die normalen Kristalle. Nach Brauns kann man nun einen Teil der anomalen Spannungen durch Anwendung äußeren Druckes kompensieren, so z. B. bei Mischkristallen von Baryum- und Bleinitrat, die senkrecht zu den Flächen des Oktaeders gedehnt erscheinen. Man kann nun nach Tammann den Einfluß einer Spannung P auf die Löslichkeit x des Kristalls berechnen; wenn x_0 die Löslichkeit bei Fehlen einer Spannung in dem Kristall bedeutet, μ die kubische Kompressibilität desselben und M/d sein Molekularvolumen, so ist

$$-\frac{M}{d} \cdot \frac{\mu}{3} \cdot \frac{P^2}{2} = R \cdot T \cdot \ln \frac{x}{x_0}$$

Ist z. B. die Druckfestigkeit des Kristalls 1000 kg/cm², $\mu = 0,000\,003$ cm und $M/d = 50$, so ist bei $T = 273^\circ + 18^\circ$ $\ln x/x_0 = 0,003$, d. h. $x = 1,003$, und es bestünde eine Erhöhung der Löslichkeit um 0,3 %. Nun aber sind in Wirklichkeit Löslichkeitsunterschiede bis zu 50 % beobachtet worden, so daß man annehmen darf, daß nicht die Spannungen, sondern die abnormen Verteilungen der Moleküle in den Mischkristallen die Hauptursache der Erscheinung der optischen Anomalie darstellen. Bestimmte Molekülverteilungen in den Mischkristallen ermöglichen es aber, jeweils eine mit der abnormalen Symmetrie verträgliche Durchmischung anzugeben, so daß z. B. die einachsigen Eigenschaften der oktaedrischen Individuen von Alaunmischkristallen verständlich gemacht werden können. Anomale Mischkristalle kann man im Sinne der Tammannschen Anschauungen als Isomere der normalen betrachten, also als total-instabile Phasen, welche irreversibel in die letzteren sich umzuwandeln vermögen.

Wertvolle Beobachtungen über die Kristalle metallischer Stoffe enthält eine Mitteilung von W. Fränkel über Stangen und Drähte aus Zink (Zeitschr. f. Elektroch. 23, 1917, S. 302—304). Die durch Pressen, Walzen oder Ziehen „veredelten“ stahlartig fein gefügten Zinkformstücke rekristallisieren bei höheren Temperaturen leicht, wie dies z. B. auch Lacroix an Zinknägeln aus den Brandruinen von St. Pierre seinerzeit gefunden hat. Der Verfasser beschreibt eine Anzahl interessanter Versuche, durch thermische Exposition etwas unterhalb des Zinkschmelzpunktes Rekristallisation in Zinkstangen hervorzurufen. Merkwürdigerweise ist die Erscheinung, daß der ganze Draht zu einem einzigen Individuum rekristallisierte, nur bei einigen wenigen Zinksorten angetroffen worden. Eine Ursache für diese Kristallisation oder auch umgekehrt für die Behinderung derselben durch irgendwelche Beimischungen oder dergleichen konnte leider noch nicht gefunden werden. Ebenso interessant sind Beobachtungen von W. Böttger (Zeitschr. f. Elektroch. 23, 1917, S. 121—126) über **fadenförmige Kristalle von metallischem Wolfram**. Man erhält derartige für die Glühlampenindustrie sehr wertvolle Produkte nach einem besonderen Spritzverfahren, bei dem ein feinverteiltes Wolframpulver mit einem Zusatz von bis zu 2 % Thoriumdioxid zur Verwendung gelangt. Die metallographische Prüfung der Fäden ergibt, daß diese aus einheitlichen Kristallen bestehen, die ausgezeichnet ditetragonal-prismatischen Charakter haben. Ob nun das ThO_2 in dem Wolfram in Gestalt einer festen Lösung enthalten ist, oder ob es nur als ein Kristallisations-Katalysator wirkt, ist noch Gegenstand einer lebhaften Diskussion; Tatsache ist jedenfalls, daß Wolframmetall und Thoriumdioxid beide tetragonal kristallisieren und daß anisotrope Mischungen von Metallen und Oxyden bereits von Woehler, Ruff, v. Wartenberg und anderen Autoren beobachtet worden sind.

Eine Methode zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit an metallischen Schmelzflüssen gibt J. Czochralski (Zeitschr. f. phys. Ch. 92, 1917, S. 219 bis 221) an. Während man nach G. Tammann an durchsichtigen Stoffen direkt in Glas- oder Quarzglasröhren die Geschwindigkeit der Kristallbildung aus Schmelzen messen kann, schlägt der Verfasser vor, durch Herausziehen eines dünnen Kristallfadens an einem geeigneten Mitnehmer festzustellen, bei welcher Höchstgeschwindigkeit eben noch der Faden einheitlich bleibt ohne abzureißen. Durch Ätzversuche an den Kristallfäden läßt sich leicht nachweisen, daß die bis zu 190 mm langen Gebilde aus einem einzigen Kristallindividuum bestehen.

Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich mit Mineralien, welche aus *kolloidalen Zustände* gebildet wurden bzw. unter Mitwirkung von Kolloiden entstanden. Mit den Adsorptionen von Schwefelsäure an Gelen des Eisenhydroxyds und der **Bildung kolloidalen Schwefels aus Sulfiden** macht eine Arbeit von E. Dittler (Koll.-Zeitschr. 21, 1917, S. 27—28) bekannt. Es wurde nämlich bei Untersuchung eines verwitternden Pyriterzes von Hüttschlag im Pongau die Beobachtung gemacht, daß ein beträchtlicher Teil seines Schwefelgehaltes in Gestalt des freien Elementes anzutreffen ist. Beim Behandeln mit Wasser entstand ein typisches Schwefel-

hydrosol, und wesentliche Mengen der durch Oxydation gebildeten Schwefelsäure blieben an dem kolloidalen Eisenhydroxyd adsorbiert. Des weiteren wurde versucht, die Verwitterung von Pyrit und Markasit künstlich zu beschleunigen; es gelang in der Tat nachzuweisen, daß z. B. bei Behandlung von sehr feinen Pulvern der genannten Mineralien mit Wasserdampf wiederum die typischen Schwefelhydrosole entstehen. Der Markasit wird dabei wesentlich leichter als der offenbar stabilere Pyrit angegriffen. Ein wichtiges Ergebnis dieser Arbeit ist also, daß in der Natur auch ohne die Tätigkeit von niederen Organismen (Bakterien) oder auch ohne Bildung freien Schwefelwasserstoffs bei Abschluß der Luft aus Sulfiden freier Schwefel entstehen kann, wie denn auch G. Sznepka bei Labovija in Serbien z. B. in einer Sulfidlagerstätte feine Ausblühungen von Schwefel auf Hornfels im „Eisernen Hut“ angetroffen hat.

Sehr eingehende Studien über das **Zustandekommen und die Eigenschaften von Bodenausblühungen** stellte H. Puchner (Koll.-Zeitschr. 20, 1917, S. 209—238) an. Das Problem ist insofern einer neuerlichen Bearbeitung dringend bedürftig gewesen, als man vordem über den Einfluß der Anwesenheit kolloidalen Beimengungen in ausblühenden Salzlösungen und dergl. durchaus im unklaren gewesen ist. Als Salpetereffloreszenzen wurden oft solche Ausblühungen bezeichnet, die in Wirklichkeit nur Natriumchlorid, -karbonat oder -sulfat enthielten. Auch Gips, Bittersalz und ähnliche Stoffe sind aus Gegenden als Ausblühungen bekannt geworden, in denen gar kein arides Klima herrscht. Sehr wichtig sind endlich Ausblühungen auf Moorböden, durch die es oft zur Ausbildung von förmlichen „Mineralmooren“ kommen kann, in denen Schwefeleisen, Eisensulfat und dergl. auftreten. In letzteren Fällen kann man nun ausgezeichnet beobachten, daß die kolloidalen Beimengungen zu den mineralischen Lösungen bei der Ausblühung nicht mit auswittern, sondern im Inneren des Moores verbleiben. Zweck der genannten Arbeit war deshalb vor allen Dingen, durch systematisch angestellte Versuche Klarheit in den eigenartigen Mechanismus des Vorganges der Effloreszenzbildung zu bringen; es wurden verschiedene Bodenarten mit bestimmten Salzlösungen versetzt und ihre jeweiligen Ausblühungen näher untersucht. Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ist eine ganz außerordentliche; besonders eigenartig ist es, daß man z. B. bei den Ausblühungen des Kochsalzes niemals die tesselale Kristallform dieses Stoffes beobachten kann. Es ist also ganz zweifellos eine Beeinflussung des Kristallisationsvorganges durch die kolloidalen Beimengungen in den Bodenproben zu erkennen. Ähnliche Veränderungen der Kristalle durch Kolloide sind durch ältere Untersuchungen von W. M. Ord und J. Alexander schon bekannt, umgekehrt die Formung von Kolloidgelen durch Salzniederschläge und Kristalle von R. E. Liesegang studiert worden. Man konnte bei den Versuchen über die Ausblühungen des Kochsalzes aus stark humösen Böden eigenartige Rasen von feinsten Haarsalzgebilden beobachten, die ganz zweifellos unter Einwirkung der kolloidalen Bodenbestandteile entstanden waren. Zerstörte man nun die Humussubstanzen mit konzentrierter Schwefelsäure, so zeigten sich die Kochsalzausblühungen nicht mehr in haarförmiger Gestalt, sondern ganz feinpulvrig.

W. E.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 4.

24. Januar 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Zur Kenntnis der chemischen Affinität. Von *Prof. Dr. Fritz Ephraim, Bonn.* S. 49.

Die natürliche Nahrung der Kleinkrebse. Von *Prof. Dr. A. Pütter, Bonn.* S. 55.

Die Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes in ihren Beziehungen zum Kulturzustand des Forstes. Von *Dr. Hans Walter Frickhinger, München.* (Schluß.) S. 57.

Zuschriften an die Herausgeber:

Zur Sichtbarkeit der Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus. Von *F. Richarz, Marburg a. d. L.* S. 61.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Ozeanographie

und Klimatologie des Persischen Golfs. Siedlungs- und wirtschaftsgeographische Probleme des Nordens. Das Klima von Mesopotamien in seiner Einwirkung auf den Menschen. S. 61.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein): Über die mittlere Luftbewegung über Lindenberg und die Ekmansche Strömungstheorie. S. 63.

Deutsche ornithologische Gesellschaft. S. 63.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Über die Gabelbildungen und die Eissprosse des Edelhirschgeweihs. Rassenhygiene in Ungarn. S. 64.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

kein Zuheisswerden

Wenigster Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrunn

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzelle angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 8050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Siemens & Halske A.-G.

Wernerwerk Siemensstadt bei Berlin



Röntgeneinrichtung mit
Glühkathoden-Röhre für Diagnostik

Glühkathoden-Röntgenröhre der Siemens & Halske A.-G.

Strahlenhärte u. Röhrenstrom
gleichzeitig und unabhängig
voneinander regulierbar. Die
Röhren sind konstant bei jeder
Härte und jeder Belastung.
(Vgl. Berl. Klin. Wochenschr.
1916, Nr. 12 und 13)

Vorführungen in unserm Ausstellungsraum
BERLIN NW, Luisenstrasse 58-59
Langenbeck-Virchow-Haus

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

24. Januar 1919.

Heft 4.

Zur Kenntnis der chemischen Affinität.

Von Dr. Fritz Ephraim,

a. o. Prof. an der Universität Bern.

Die chemische Affinität, d. h. die Kraft, mit der sich Atome oder Atomgruppen zu Molekülen verbinden, ruft bei ihrer Äußerung Nebenwirkungen hervor, die ihre Messung und somit ihre Erkenntnis außerordentlich erschweren. Würde die Affinität die unter ihrem Einfluß reagierenden Teile ohne weitere Änderung nur aneinander lagern und einen Zusammenhang zwischen ihnen herstellen, der der Trennung einen gewissen Widerstand entgegensetzt, so wäre sie ohne weiteres an der Größe dieses Widerstandes meßbar. Das ist aber schon deshalb nicht immer der Fall, weil in den meisten Fällen die durch die Spaltung entstandenen Reaktionsprodukte eine weitere spontane Veränderung erfahren, deren Reaktionsenergie sich über diejenige lagert, die man ermitteln will, so daß man nicht die Energie eines *Einzelvorganges*, sondern diejenige einer *Summe* von Vorgängen beobachtet. Zerlegen wir zum Beispiel auf irgendeine Weise Chlornatrium in seine Elemente und messen die hierzu verbrauchte Arbeit, so entspricht der gemessenen Arbeit nicht nur der Energieaufwand, der zur *Trennung* des Natriums von dem Chlor notwendig ist, sondern sie enthält auch die Arbeit, die notwendig ist, um die entstandenen Chloratome zu Molekülen zu *vereinigen*, ferner diejenige, die wir brauchen, um die entstandenen Natriumatome zu einer zusammenhängenden Masse zu *agglomerieren*, ebenso auch die, deren wir bedurften, um die Natriumchloridkristalle entgegen der in ihnen herrschenden Kristallisationskraft in ihre Moleküle zu *spalten*, weiterhin diejenige, die die sehr beträchtliche *Volumenänderung* der Atome beim Austritt aus der Verbindung zur Folge hat, u. a. m., d. h. Einzelposten sehr verschiedener Art, die teils positives, teils negatives Vorzeichen haben. Was wir also messen, wenn wir die „Affinität“ eines chemischen Vorganges bestimmen, ist eine Summe sehr verschiedener Kräfte, die wir in die Einzelkomponenten zu zerlegen vorläufig noch nicht mit Sicherheit instande sind.

Würde der in einem Element enthaltene Posten chemischer Wirksamkeit ohne Nebenerscheinungen und vollständig bei seinen Reaktionen zur Geltung kommen, so sollte die *Reihenfolge* der Reaktionsenergie die gleiche bleiben, wenn wir eine Reihe von Elementen einmal mit dem Elemente a, ein zweites Mal mit dem Ele-

ment b, ein drittes Mal mit dem Element c vereinigen. Dies ist aber nicht der Fall. Benutzt man als Maßstab für die Bildungsenergie der Verbindungen z. B. die bei der Bildung freierwerdende *Wärme*, so findet man *nicht*, daß die Reihenfolge der Wärmetönungen von *Metallchloriden* die gleiche ist, wie die der entsprechenden *Metall-oxyde* oder *-sulfide*. Zum Beispiel sinkt die Größe der Bildungswärmen der *Oxyde* in der Reihenfolge $Mg \rightarrow Al \rightarrow Na$, die der *Sulfide* aber in der Reihenfolge $Na \rightarrow Mg \rightarrow Al$. Die bei der Bildung aus den Elementen stattfindende *Kontraktion* spielt hierbei eine maßgebende Rolle, und diese Kontraktion steht in keinem ganz ersichtlichen Zusammenhang mit der chemischen Natur der Bestandteile.

So ist also das, was günstigsten Falles als Affinität einer Reaktion gemessen werden kann, eine Summe verschiedener Posten. Dadurch ist aber die Beantwortung einer der Hauptfragen der Chemie, *weshalb* eigentlich gewisse Reaktionen sich vollziehen können und andere nicht und *weshalb* gewisse Verbindungen darstellbar sind und andere nicht, sehr erschwert. Diese Frage kann nur gelöst werden, wenn die Größe der *Einzelbestandteile* der chemischen Affinitätswirkung erkannt wird. Zu dieser Lösung Beiträge zu liefern, habe ich mich in den letzten Jahren bemüht¹⁾, und ich will im folgenden einiges aus den gewonnenen Resultaten mitteilen.

Wenn man bei Affinitätsbetrachtungen eine größere Reihe sehr gleichartiger Reaktionen vergleicht, so kann man hoffen, daß dabei ein großer Teil der Posten, deren Summe als „Affinität“ auftrat, ebenfalls gleichartig und von sehr ähnlicher Größe wird und daß — günstigenfalls — nur ein für die Reaktion besonders typischer Vorgang die Änderung der Affinitätsgröße besonders beeinflußt. Ein Beispiel wird dies klarer machen:

Es gibt zahlreiche Salze, die *Wassermoleküle* zu sogenannten „Kristallwasserverbindungen“ addieren können. Dies Kristallwasser läßt sich durch Erwärmen austreiben, durch Abkühlung aber kann es, einmal ausgetrieben, wieder zur Aufnahme gebracht werden. Nimmt man nun Salze, die chemisch sehr nahe verwandt sind, wie z. B. die Gruppe der *Alaune*, die die Formel

$$\overset{\text{I}}{\text{Me}_2\text{SO}_4} \cdot \overset{\text{III}}{\text{Me}_2(\text{SO}_4)_3} \cdot 24 \text{ H}_2\text{O}$$

besitzen, und mißt man die Arbeit, die notwendig ist, um das

¹⁾ 21 Mitteilungen „Über die Natur der Nebenvalenzen“, Berichte d. Deutschen Chemischen Gesellschaft 1912–1918; Zeitschr. f. physikal. Chemie 1913.

Kristallwasser aus ihnen zu entfernen, so ist anzunehmen, daß alle Änderungen, die sich außer dem rein chemischen Vorgang der Wasserentziehung beim Erhitzen vollziehen, bei Verwendung *verschiedener* Alaune einander parallel gehen werden. Finden wir z. B. den Energieaufwand, der zur Entwässerung des Cäsiumchromalauns notwendig ist, um eine gewisse Quantität größer als denjenigen, der zur Entwässerung des Kaliumchromalauns genügt, so werden wir schließen, daß diese Energiedifferenz wenigstens ein *relatives* Maß für die Bindungsfestigkeit des Wassers in den beiden Alaunarten ist. Alles andere, was sich in diesen Alaunen bei der Zersetzung vollzieht, wie Formänderung usw., wird in beiden Fällen eine Energie beanspruchen, deren Änderung von Fall zu Fall derjenigen *parallel* geht, die zur Wasserentziehung notwendig ist. Von diesem Gesichtspunkt aus wurden größere Reihen sehr nahe verwandter Körper auf die Affinität hin untersucht, die sie bei analogen Reaktionen zeigen.

Am geeignetsten hierzu erwiesen sich sogenannte „Nebervalenzverbindungen“, das sind Verbindungen zweier Molekülarten, deren jede für sich allein sehr wohl existieren kann, die nach den älteren Valenzanschauungen „gesättigt“ sind, aber trotzdem auch noch mit anderen „gesättigten“ Verbindungen zusammentreten können. Solcherlei Verbindungen sind z. B. die schon erwähnten *Kristallwasserverbindungen*. Das Natriumsulfat, Na_2SO_4 , ist ein wohlbekannter, durchaus beständiger und „gesättigter“ Körper. Ebenso sind über die Existenzfähigkeit des Wassers an sich keine Worte zu verlieren. Dennoch vereinigt sich Na_2SO_4 lebhaft mit zehn Molekülen Wasser zum „Glaubersalz“, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Aus ihm kann man das Wasser durch Erhitzen wieder austreiben. Solcher Kristallwasserverbindungen gibt es eine sehr große Zahl. Noch größer ist die Zahl der „Kristallammoniakate“, Körper, die additionell aus Salz und Ammoniak zusammengesetzt sind, in ihre Bestandteile zerlegbar und daraus wieder regenerierbar sind. Auch Alkohol, Schwefeldioxyd und sehr zahlreiche andere Substanzen können additionell mit Salzen zu Nebervalenzverbindungen zusammentreten, und da dies alles Körper sind, die für sich allein weder basischen noch sauren Charakter haben, so bezeichnet man sie als „Neutralteile“.

Für die im folgenden beschriebenen Versuche waren nun am günstigsten Nebervalenzverbindungen, deren Neutralteile *gasförmig* sind, z. B. Ammoniakate. Die Affinität der Ammoniakbindung ließ sich auf Grund folgender Überlegung feststellen:

Man kann sich vorstellen, daß im fertigen Molekül zwei Kräfte einander entgegenwirken. Die eine ist die Affinitätskraft, welche die Teile des Moleküls zusammenhält, die andere ist die durch die Wärmeschwingungen der Komponenten hervorgerufene lebendige Kraft, die das Molekül

auseinanderzureißen sucht. Mit steigender Temperatur werden die Wärmeschwingungen größer und schließlich überwinden sie die Affinitätskraft: der Körper zerfällt. Es muß aber eine Temperatur geben, bei der die Affinitätskraft den Wärmeschwingungen gerade die Wage hält und deren Überschreitung um ein geringes den Zerfall bewirkt. Diese Temperatur nennt man die *Dissoziationstemperatur*. Sie wird, je nach dem herrschenden Druck, verschieden hoch liegen, indem verstärkter Druck die Schwingungen und somit den Zerfall behindert. Arbeitet man aber immer unter konstantem Druck, z. B. unter Atmosphärendruck, so braucht man den Druckeinfluß, als stets gleich groß, nicht mehr in Rechnung zu stellen. Unter solchen Verhältnissen wird also die zum Zerfall nötige Temperatur um so höher liegen, je größer die zusammenhaltende Affinitätskraft ist, und die Zerfallstemperatur ist so ein zum mindesten relativer Maßstab für die Größe der Affinität. Ist der eine der durch den Zerfall entstehenden Körper gasförmig — und das ist bei Ammoniakaten der Fall —, so kann man die Zerfallstemperatur messen, indem man den Körper in ein Vakuum sperrt, ein Manometer anschließt und so hoch erhitzt, daß sich Atmosphärendruck herausbildet. Die Ammoniakgleichgewichte sind reversibel: kühlt man wieder ab, so wird das Ammoniak von dem zersetzten Produkt wieder aufgenommen. Die Ammoniakentwicklung erfolgt also nur immer bis zu einem bestimmten Gleichgewicht und ist darum für die Vergleichung so bequem. Würde man eine Reaktion, die keinem Gleichgewicht unterliegt, wie etwa die Gasentwicklung bei der Verkohlung des Holzes, hierfür anzuwenden suchen, so würde man keine verwertbaren Resultate bekommen.

Eines der wichtigsten Resultate, das sich nun bei diesen Untersuchungen ergeben hat, ist die Auffindungen eines *Zusammenhanges* zwischen der *Affinität* und der *räumlichen Größe* der Molekularkomponenten. Um dies zunächst für die erwähnten Metallammoniakate zu erläutern, diene die folgende Tabelle:

Verbindung	t	v	$\sqrt{t} \cdot \sqrt{v}$
$\text{NiJ}_2 \cdot 6 \text{NH}_3$	225,5°	6,6	14,84
$\text{CoJ}_2 \cdot 6 \text{NH}_3$	188°	6,8	14,62
$\text{FeJ}_2 \cdot 6 \text{NH}_3$	174°	7,1	14,71
$\text{MnJ}_2 \cdot 6 \text{NH}_3$	164°	7,4	14,91
$\text{ZnJ}_2 \cdot 6 \text{NH}_3$	55,5°	9,1	14,45
$\text{CdJ}_2 \cdot 6 \text{NH}_3$	97,5°	12,9	16,86

In dieser Tabelle bedeutet t die Temperatur, bei der die Verbindung zerfällt (unter 500 mm Druck), v bedeutet das *Atomvolumen* des in dem Salz enthaltenen Metalls, d. h. die Anzahl von Kubikzentimetern, die eine dem Atomgewicht entsprechende Grammange einnimmt. Man sieht ohne weiteres: mit *steigendem* Atomvolumen fällt

die Zerfallstemperatur, und in welcher Weise dies geschieht, zeigt die letzte Spalte, das Produkt aus absoluter Zerfallstemperatur und Atomvolumen (hier in Form der dritten Wurzeln angegeben) ist sehr annähernd konstant.

Daß diese Verhältnisse nicht etwa nur zufällig für die Jodidammoniakate zutreffen, sondern auch für zahlreiche andere Gruppen von Ammoniakaten, kann hier nur erwähnt werden. (Näheres in den Originalabhandlungen.)

Eine allgemeine Gültigkeit der obigen Gesetzmäßigkeit würde zur Folge haben, daß man

1. die Dissoziationstemperatur aller solcher Verbindungen zum voraus berechnen könnte, wenn man diejenige einer Verbindung und das Atomvolumen des Metalls kennt, und daß man

2. die unbekannten Atomvolumina aus den Dissoziationstemperaturen berechnen kann. Wie weit dies zutrifft, zeigt das folgende Beispiel:

Verbindung	Dissoz.-Temp. Gef. bei 500 mm	$\sqrt[3]{t} \cdot \sqrt[3]{v}$	Ber. Dissoz.-Temp., wenn $\sqrt[3]{t} \cdot \sqrt[3]{v} = 13,8$	Gef. v	Ber. v
$\text{NiSO}_4 \cdot 6 \text{NH}_3$	398°	13,8	400°	6,6	6,3
$\text{CoSO}_4 \cdot 6 \text{NH}_3$	378,5°	13,7	388°	6,8	6,8
$\text{FeSO}_4 \cdot 6 \text{NH}_3$	369°	13,8	370°	7,1	7,2
$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{NH}_3$	364,5°	13,8	370°	7,1	7,4
$\text{MnSO}_4 \cdot 6 \text{NH}_3$	340°	13,6	355°	7,4	7,8
$\text{ZnSO}_4 \cdot 5 \text{NH}_3$	282°	13,7	289°	9,1	9,3
$\text{CdSO}_4 \cdot 6 \text{NH}_3$	323,5°	16,1	370°	12,9	8,5

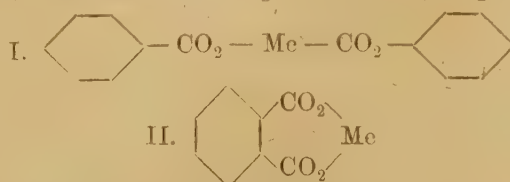
Man sieht in der Tat, daß diese Vorausberechnungen weitgehend möglich sind. Daß die gefundenen und berechneten Zahlen nicht noch besser stimmen, rührt einestheils von den nicht unwesentlichen unvermeidlichen Fehlern der Versuche her, andererseits davon, daß die untersuchten Körper je nach ihrer Herstellung, Körnung usw. etwas wechselnde Beständigkeit besitzen. Interessant ist, daß in beiden Tabellen die Werte für Cadmium ganz unzutreffend sind, und es muß hinzugefügt werden, daß dies auch bei allen anderen Verbindungen dieses Metalls immer wieder beobachtet wurde; aber immer ist die Differenz zwischen gefundenen und berechneten Werten ganz gleichartig, und dies nötigt zu dem Schlusse, daß der angewandte Wert für das Atomvolumen des Cadmiums falsch ist. Verwendet man statt seiner den Wert 8,5, so erhält man in sämtlichen Fällen befriedigende Zahlen. Nun erleiden alle Elemente beim Zusammentritt zu Verbindungen Kontraktion, und es darf wohl aus obigem gefolgert werden, daß diese Kontraktion bei den übrigen Metallen einigermaßen gleichmäßig, beim Cadmium aber stärker vor sich geht. In kleinem lassen sich auch bei den andern Metallen diese Abweichungen vom Mittelwert mit Regelmäßigkeit feststellen, z. B. ist der für die Nickelsalze errechnete

Wert für $\sqrt[3]{t} \cdot \sqrt[3]{v}$ mit Regelmäßigkeit um ein wenig zu hoch, aber nur um ein unbedeutendes. Das Nickelatom kontrahiert sich also ein wenig

geringer, als seine Verwandten bei dem Eintritt in Verbindungen.

Ist im vorhergehenden der Einfluß des metallischen Bestandteiles des Salzes auf die Stabilität der Verbindung besprochen worden, so ist nunmehr die Frage zu erledigen, welchen Einfluß die Natur des Säurerestes auf die Beständigkeit besitzt. Einer früher allgemeinen Anschauung zufolge sollte die Beständigkeit um so größer sein, je ausgeprägter sauer der negative Rest ist. Diese Anschauung — aus der geistvollen und auf vielen Gebieten fruchtbaren Betrachtungsweise von Abegg und Bodländer über die Natur der chemischen Reaktivität erwachsen — hat sich aber für die hier betrachteten Verbindungsklassen als unzutreffend erwiesen. Sehr wahrscheinlich spielt auch hier die räumliche Größe des sauren Bestandteiles eine große Rolle, aber ihre Wirkung kann

nicht ganz eindeutig erkannt werden. Denn bei zusammengesetzten Säureresten, bei solchen, die aus einer größeren Zahl von Atomen bestehen, wird man nicht das Gesamtvolumen des Säurerestes in Rechnung stellen dürfen, sondern diejenigen seiner Teile, die dem Metall näher stehen, werden eine intensivere Wirkung ausüben, als die räumlich entfernteren. Immerhin konnte ohne jeden Zweifel gezeigt werden, daß bei besonders großen Säureresten auch die Aufnahmefähigkeit für die Neutralteile besonders gesteigert ist. Besonders groß sind die Reste organischer, vor allem aromatischer Säuren, die sich durchaus nicht immer durch erhebliche Stärke auszeichnen. Salze dieser Säuren addieren nun eine ungewöhnlich große Zahl von Neutralteilen. Am günstigsten gestalten sich die Verhältnisse, wenn das Metall in den Säurerest gewissermaßen eingebaut ist. Das ist der Fall, wenn ein mehrwertiges Metallatom an mehrere Moleküle einbasischer Säuren gebunden ist (Beispiel 1), nicht aber, wenn es mit zweibasischen Säuren Salze gebildet hat (Beispiel 2).



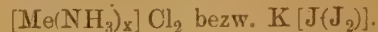
Man muß sich vorstellen, daß im Beispiel I das Metall gewissermaßen in einer Grube liegt,

die durch die Neutralteile ausgefüllt werden kann, während im Beispiel II eine solche Grube nicht vorhanden ist, sondern das Metall frei liegt. Je größer die Grube, um so bequemer können die Neutralteile in ihr Platz finden. Die chemische Affinität kommt hier erst zur Geltung durch günstige räumliche Verhältnisse im Molekül. Es läßt sich sehr gut zeigen, wie sie sich bei Umbau der Grube im Molekül der obigen Anschauung nach ändert. Dieser Anschauung nach können also Affinitätskräfte im Molekül latent bleiben, wenn ihnen durch günstige räumliche Verhältnisse keine Möglichkeit gegeben wird, sich zu offenbaren. Auf Grund dieser Auffassung gelang es, durch geeigneten Grubenbau Molekül-aggregationen zu realisieren, die bisher kaum für existenzfähig gehalten wurden. Als Arbeits-hypothese also hat sich die obige Auffassung wenigstens gut bewährt. (Sie gibt uns nun gleichzeitig die Erklärung für die Volumwirkung der Metalle, die wir vorhin kennen gelernt haben: die Neutralteile haben gleichsam als Füllmaterial zu dienen, um Unebenheiten des Moleküls zu verstreichen und dieses räumlich so symmetrisch als möglich zu machen. Sie können dies natürlich nur, wenn neben der räumlichen Möglichkeit noch eine chemische Neigung einhergeht.)

Nunmehr wird es uns nicht wundernehmen, daß auch die Haftfestigkeit des *Neutralteils* wesentlich von seiner *Größe* abhängt. Die obigen Regeln gelten nicht etwa nur für Ammoniak — dann hätte ja die ganze Beobachtung nur sehr spezielle Bedeutung —, sondern ihr Anwendungsgebiet geht wesentlich weiter, zum mindesten umfaßt es die zahllosen Kristallwasser- und Kristallalkoholverbindungen, sicher aber auch noch sehr viele andere. Dennoch ist auch hier die Erklärung und die experimentelle Untersuchung beim Ammoniak am bequemsten. Ersetzt man in ihm die Wasserstoffatome durch andere Reste, wie Methyl-, Äthyl- usw. -Gruppen, so wächst sein Volumen. In einer Grube, in der etwa sechs Ammoniakmoleküle Platz hatten, können nur vier Methylaminmoleküle oder zwei Trimethylaminmoleküle untergebracht werden. So nimmt die Affinität vom Ammoniak über das Methylamin zum Trimethylamin ab. (Man könnte auch dies mit dem elektrochemischen Charakter der Neutralteile zu erklären versuchen, ein großes Untersuchungsmaterial zeigte jedoch, daß man damit einen Trugschluß getan hätte. Auch viele andere physikalische Eigenschaften, wie z. B. die Dielektrizitätskonstante, zeigen einen wesentlich kleineren Einfluß auf die Haftfestigkeit, als die räumliche Größe.)

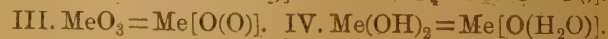
Aus verschiedenen Anzeichen wissen wir, daß der Neutralteil sich meist nicht dem Gesamtmolekül als solchem, sondern einer bestimmten Partie desselben anschließt. Für die oben erwähnten Ammoniakate z. B. steht mit Sicherheit fest, daß das Ammoniak überwiegend an das *Metall* gekettet ist, während in anderen Fällen, zum Bei-

spiel bei den Alkalipolyjodiden, der Neutralteil am *Jod* sitzt. Man drückt dies durch folgende Schreibart aus:



Im ersten Fall ist das Kation komplex, im zweiten das Anion. Bei den komplexen *Kationen* wächst nun durchgehends die *Haftfestigkeit* des Neutralteils mit *Verkleinerung* des Metalles. (Das kommt daher, daß die Metalle solcher komplexen Ionen *immer* ein kleineres Volumen haben als die Säurereste, daß sie also das Grubenzentrum darstellen. Wäre ihr Volumen größer, so wäre überhaupt die Entstehung eines komplexen Kations räumlich schwer denkbar. In der Tat gibt es keine oder nur sehr instabile komplexe Kationen, die ein Metall mit sehr großem Volumen, z. B. ein Alkalimetall, enthalten.) Umgekehrt ist die Stabilität komplexer *Anionen* begünstigt, wenn das Volumen des Metalls groß (Alkalimetall) ist. (Diese Folgerung befindet sich vollkommen im Einklang mit den Tatsachen und konnte noch im einzelnen durch Beständigkeitsmessungen zahlenmäßig erwiesen werden.) Es folgt daraus: in Fällen der angeführten Art müssen die Stabilitätsverhältnisse im komplexen *Kation* gerade umgekehrt sein, wie im komplexen *Anion*: *Verkleinerung*, die hier begünstigend wirkt, wirkt dort erschwerend. Systematische Durchprüfung der Stabilitätsverhältnisse in einer Gruppe komplexer Verbindungen *läßt also ermitteln, ob der Neutralteil an das Anion oder an das Kation gebunden ist*. Hier haben wir einen Weg zu Konstitutionsbestimmungen in festen Körpern.

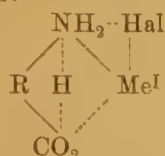
Von Wichtigkeit ist, daß diese Verhältnisse sich nicht auf das Gebiet der eigentlichen Komplexverbindungen beschränken, sondern überall dort gelten, wo ein Körper durch Hitze-einwirkung spaltbar ist, derart, daß die Spaltung zu einem Gleichgewicht führt. Dies ist nun aber bei außerordentlich vielen Verbindungen der Fall. Erinnert sei zum Beispiel nur an zahlreiche Salze: Karbonate zerfallen unter Wärmewirkung in Oxyd und Kohlendioxyd (I), Sulfate in Oxyd und Schwefeltrioxyd (II), Peroxyde in Oxyd und Sauerstoff (III), Basen in Oxyd und Wasser (IV), sie können also in folgender Weise als Komplexverbindungen betrachtet werden und sie unterliegen in ihrer Beständigkeit den obigen Gesetzen:



Im folgenden möchte ich noch an einem komplizierteren Fall ein Beispiel für die *Verwendbarkeit* der Beobachtung geben, daß sich die Beständigkeit der Komplexverbindungen bei komplexem Anion *umgekehrt* verhält wie bei komplexem Kation: Neutral reagierende Salze — sie haben bekanntlich bedeutenden Einfluß auf physiologisch-chemische Vorgänge — bilden mit den Aminosäuren des Eiweißes Komplexe.

Ich bin nun geneigt, anzunehmen, daß die Art, in der diese Komplexbildung eintritt, von wesentlichem Einfluß auf zahlreiche, bisher unerklärte Erscheinungen ist. Im folgenden sei eine Erklärung dafür gegeben, warum sich die Fähigkeit von Neutralsalz-Reihen, Aminosäuren auszusalzen, auf Zusatz von Säure- oder Alkalispuren umkehrt.

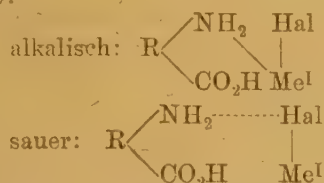
Daß Neutralsalze mit Aminosäuren komplexe Verbindungen zu geben vermögen, hat in neuerer Zeit besonders Pfeiffer gezeigt. Für diese Komplexe, etwa mit Halogeniden, möchte ich folgende Formel vorschlagen:



Metall und Carboxyl-Wasserstoff teilen sich danach in die Absättigung der NH_2 - und CO_2 -Gruppe. Nach Versuchen von Höber erweist sich nun die Fällbarkeit sauren Eiweißes durch Neutralsalze in folgender Weise abhängig von der Natur der Ionen zugesetzter Neutralsalze:



Verwendet man aber alkalisches Eiweiß, so kehrt sich die Reihenfolge der Fällungswirksamkeit genau in ihr Gegenteil um. Derartige Umkehrungen erklären sich, wenn man für etwaige Komplexbildung mit sauren bzw. alkalischen Aminosäuren folgende Formulierung zugrunde legt:



In alkalischer Lösung sind diese Komplexe vergleichbar den Metallammoniak, in denen das Amin in Me Hal kationisch gebunden ist. Dem entsprechend können die Folgerungen, die bei den Hexamminen gefunden wurden, auf diese Produkte übertragen werden: ihre Beständigkeit sinkt mit steigendem Atomvolumen des Zentralmetalls, in der Tat hat das Cäsium die größte ausfällende Wirkung. Von den Anionen hat das Jod die geringste ausfällende Wirkung, wie sich auch die Hexamminkomplexe mit Jodiden als die beständigsten erwiesen.

Ist die Lösung aber sauer, so wird keine Metallammoniak-ähnliche Verbindung entstehen können. Die Aminogruppe wird ihren Einfluß dann, wenn überhaupt noch solcher besteht, hauptsächlich auf den negativen Teil des Salz-moleküls ausüben, wir werden also einen anionischen Komplex haben und die Folge wird sein, daß sich alle Beständigkeitsverhältnisse ins Gegenteil verkehren.

Solche Reihen, wie die oben angeführten, lassen sich nicht nur für die Fällung von Eiweißarten aufstellen, sondern auch für Dinge

ganz anderer Art, z. B. kehrt sich die Reihenfolge der Beeinflussung der Esterkatalyse durch Zusatz von Fremdionen um, wenn man von saurer Lösung zu alkalischer übergeht; das gleiche gilt für die Rohrzucker-Inversion. Daß auch gewisse physiologische Vorgänge, wie die Hämolyse und die Muskeleirregung, durch Ionenvariation in ganz analoger Weise beeinflussbar sind, dürfte vielleicht auf die Natur dieser Vorgänge einmal etwas mehr Licht werfen.

Die Mehrzahl der Schlüsse, die aus der hier besprochenen Reihe von Experimentalarbeiten gezogen worden sind, gründet sich auf Beziehungen zwischen den Dissoziationstemperaturen der Verbindungen. Es ist vielleicht nicht überflüssig, hier an einem Beispiel zu erläutern, wie groß der Vergleichswert der Dissoziationstemperaturen ist, da es sich, wie gesagt, um Vergleiche verschiedenartigster Substanzen handelt und von vornherein nicht feststeht, wieweit solche Vergleiche zulässig und von Wert sind.

Betrachten wir eines der hier in Betracht kommenden Dissoziationsgleichgewichte, etwa das des Calciumkarbonates,



Denken wir uns Calciumkarbonat in einem abgeschlossenen Raum erhitzt, so sendet es Kohlendioxidmoleküle in diesen Raum, die auf ihren Bahnen an die Wandungen oder an andere Moleküle anprallen können und so unter Umständen wieder auf das von ihnen verlassene Calciumoxyd zurückfahren und von diesem wieder zu Karbonat aufgenommen werden können. Je länger die Dissoziation dauert, um so mehr Kohlendioxidmoleküle werden sich im Raum befinden, um so größer wird aber auch die Zahl derjenigen sein, die wieder vom Restkörper aufgenommen wird. Hat ihre Konzentration im Gasraum eine gewisse Grenze erreicht, so wird der Dissoziationsvorgang nicht mehr zu einer Vermehrung der Moleküle daselbst führen können, da die Dissoziation mit etwa gleicher Geschwindigkeit fortgeht, die Wiederaufnahme aber durch die Zahl der zurückfliegenden Moleküle gesteigert wird. Es wird ein Zustand eintreten, bei dem ebensoviel Moleküle in den Raum entweichen, wie wieder in den Restkörper zurückkehren, und dieser Zustand entspricht dem Gleichgewicht. Hätten wir mehr Gasmoleküle im Raum als der Gleichgewichtszustand verlangt, so würde sich ihre Zahl durch Wiederaufnahme bald verringern; hätten wir aber zu wenig, so würde sie sich bis zu der Gleichgewichtsmenge wieder vermehren. Diese Verhältnisse entsprechen vollkommen denjenigen, die beim Verdampfen einer Flüssigkeit im abgeschlossenen Raum auftreten. Auch die Flüssigkeit sendet Moleküle in den Raum, die auf ihren Bahnen wieder in die Flüssigkeit zurückkehren und von ihr wieder aufgenommen werden. Man zog schon früher hieraus den Schluß, daß die Dissoziation im reversiblen

Gleichgewicht dem Verdampfungsvorgang sehr weitgehend ähnlich ist. Ist dies aber der Fall, so sollten sich Gesetze, die für die Verdampfung gelten, auch bei Dissoziationen der geschilderten Art wiederfinden. In den vorliegenden Arbeiten wurde nun gezeigt, daß dies wirklich weitgehend der Fall ist.

Die Zahl der im Gasraum befindlichen Moleküle läßt sich durch den daselbst herrschenden Druck bestimmen. Ramsay und Young fanden nun für verdampfende Flüssigkeiten bereits vor längerer Zeit, daß die zu gleichen Drucken gehörigen absoluten Siedetemperaturen chemisch nahestehender Körper in konstantem Verhältnis stehen. Diese Siederegeln läßt sich nun, und dies ist bemerkenswert, aufs beste auch als Dissoziationsregel verwenden. Folgendes Beispiel wird dies erläutern, in dem für entsprechende Drucke die Dissoziationstemperaturen der Hexaammoniakate von Cadmiumjodid und -bromid durch einander dividiert sind und vorzügliche Konstanz ergeben:

Druck in mm	Dissoziationstemp. des		$T_{J_2} : T_{Br_2}$
	$CdJ_2 \cdot 6 NH_3$	$CdBr_2 \cdot 6 NH_3$	
103	339°	318°	1,066
138	344°	323°	1,066
192	350,5°	329°	1,065
246	356°	333,5°	1,067
344	359,5°	340°	1,066
535	372,3°	349°	1,067
700	379°	355,3°	1,067
780	381,5°	357,3°	1,068

Mittel: 1,066

Diese Regel erwies sich nun nicht nur als gültig zwischen zwei so nahe verwandten Körpern, wie die obigen beiden Hexaammoniakate es sind, sondern auch für Verbindungen von weit größerer Verschiedenheit. Zunächst kann man Ammo-

niakate sehr verschiedener Sättigungsstufe nach ihr vergleichen, zum Beispiel Hexa- mit Tetraammoniakaten, ohne daß wesentlich größere Abweichungen auftreten. Dann aber gilt sie, ebenso wie für Ammoniakate für alle Reihen von Verbindungen, die einer der obigen ähnlichen Dissoziation unterliegen. Schließlich aber, und dies führt am weitesten, kann man ihre Wirksamkeit in kaum beeinträchtigt Weise feststellen, wenn man Körper vergleicht, aus denen Gase ganz verschiedener Natur austreten. In der folgenden Tabelle werden mit den Dissoziationstemperaturen des Zinkchlorid-Hexaammoniakates (I) die Dissoziationen des Cäsiumperbromides (II), des Cäsiumtetrasulfons (III), des sauren salzsauren Nitrodimethylanilins (IV) und des Baryumperoxyds (V) verglichen, deren Zersetzungsgleichungen hier zunächst zusammengestellt seien:

- I. $ZnCl_2 \cdot 6 NH_3 \rightleftharpoons ZnCl_2 \cdot 4 NH_3 + 2 NH_3$.
- II. $CsBr_3 \rightleftharpoons CsBr + Br_2$.
- III. $CsJ \cdot 4 SO_2 \rightleftharpoons CsJ \cdot 2 SO_2 + 2 SO_2$.
- IV. $NO_2 \cdot C_6H_4 \cdot N(CH_3)_2 \cdot 2 HCl \rightleftharpoons NO_2 \cdot C_6H_4 \cdot N(CH_3)_2 \cdot HCl + HCl$.
- V. $BaO_2 \rightleftharpoons BaO + O$.

Es handelt sich hier um Reaktionen sehr verschiedener Art, wie schon aus der Natur der entwickelten Gase, Ammoniak, Brom, Schwefeldioxyd, Salzsäure und Sauerstoff, hervorgeht, und dennoch liefert jeder Körper eine Tensionskurve, die mit der des Zinkchloridammoniaks so völlig vergleichbar ist, daß die Quotienten der zu gleichem Druck gehörigen Dissoziationstemperaturen innerhalb der Messungsfehler als konstant gelten können.

Die folgende Tabelle zeigt die zu den in der ersten Spalte vermerkten Drucken gehörigen Dissoziationstemperaturen und die Quotienten aus den Dissoziationstemperaturen des Zinkchloridammoniaks und der Vergleichsverbindung:

Druck in mm	$ZnCl_2 \cdot 6 NH_3$	$CsBr_3$	$T_{CsBr_3} : T_{ZnCl_2 \cdot 6 NH_3}$	$CsJ \cdot 4 SO_2$	$T_{CsJ \cdot 4 SO_2} : T_{ZnCl_2 \cdot 6 NH_3}$
200	34°	115°	1,264	4,5°	1,143
300	41°	125°	1,267	2°	1,141
400	46,5°	132°	1,267	6,5°	1,143
500	51°	137°	1,266	10°	1,145
600	55°	141°	1,262	13°	1,147
700	57,5°	145°	1,265	15,5°	1,146

Mittel: 1,265

1,144

Druck in mm	$C_6H_4(NO_2) \cdot N(CH_3)_2 \cdot 2 HCl$	$T_{Zn...} : T_{C_6H_4...}$	BaO_2	$T_{BaO_2} : T_{Zn...}$
200	30°	1,013	717°	3,227
300	37°	1,013	741,5°	3,231
400	42°	1,014	759°	3,230
500	46°	1,016	774°	3,231
600	49,5°	1,017	784°	3,222
700	53°	1,014	792°	3,223

Mittel: 1,014

3,227

Man sieht übrigens leicht ein, daß diese Regel nicht nur theoretische Wichtigkeit hat, sondern insofern auch praktische, als mit ihrer Hilfe die Berechnung von Dissoziationstemperaturen bei beliebigen Drucken möglich wird, wenn die Dissoziationstemperatur für irgendeinen Druck festgestellt wurde. Da viele Verbindungen bei den Temperaturen, bei denen sie Atmosphärendruck besitzen würden, schon längst anderweitig zerfallen sind, so gibt sie ein Mittel in die Hand, durch Bestimmung des Druckes bei einer sehr

niedrigen Temperatur den zum Atmosphärendruck gehörigen Temperaturpunkt zu extrapolieren oder ganz allgemein das Existenzgebiet von Verbindungen durch Aufnahme eines einzigen Druck-Temperaturpunktes festzulegen. Daß es auf diese Weise gelingt, die Unmöglichkeit der Existenz gewisser, früher wiederholt gesuchter Verbindungen rein theoretisch festzustellen, mag hier nur angedeutet werden. —

Zweierlei Dinge wurden im Vorangehenden hervorgehoben: der *räumliche Einfluß*, den die Moleküle und ihre Teile auf die Betätigung chemischer Affinität haben und die Möglichkeit, nach Kenntnis gewisser Regeln die *Existenzfähigkeit* und die *Konstitution* chemischer Verbindungen mit einigem Erfolge zu betrachten. Es sind nicht die einzigen Resultate der besprochenen Versuchsreihe; über andere soll bei späterer Gelegenheit berichtet werden.

Die natürliche Nahrung der Kleinkrebse.

Von Prof. Dr. phil. et med. A. Pütter, Bonn.

Seit ich im Jahre 1907 zuerst die Ansicht vertreten habe, daß die Algen für die Ernährung der Wassertiere unzureichend seien und daß als wichtigste Nahrungsquelle für große Gruppen dieser Tiere gelöste organische Stoffe anzusehen sind, wie sie in kaum einem natürlichen Wasser fehlen, ist die Frage von mehreren Forschern behandelt, aber meines Erachtens nur wenig gefördert worden¹⁾.

Es handelt sich um zwei Fragen, die grundsätzlich zu trennen sind:

1. Stellen die pflanzlichen Organismen, Algen und grüne Flagellaten, in der Tat die Nahrung der Wassertiere — aller oder bestimmter Gruppen — dar? und wenn dies nicht der Fall ist:

2. Welche Stoffe sind dann die Nährstoffe der heterotrophen Organismen des Meeres und der Binnengewässer?

Was die erste Frage anlangt, so haben die Untersuchungen der letzten Jahre mit stets zunehmender Klarheit gezeigt, daß meine Behauptung, wonach die Algen (und grünen Flagellaten) nicht als hinreichende Nahrung der Wassertiere anzusehen sind, *völlig zu Recht besteht*.

Eine neue Arbeit, in der Naumann²⁾ die Frage der Nahrung der Kleinkrebse in den Humusgewässern Schwedens erörtert, gibt mir Gelegenheit, den Gegenstand nochmals kurz zu berühren.

Die Humusgewässer zeichnen sich durch ein im Verhältnis zu dem ärmlichen Pflanzenleben

sehr reiches tierisches Plankton aus. Die Hauptrolle im Zooplankton spielen die Kleinkrebse, und so hat Naumann durchaus recht, wenn er in der Beantwortung der Frage, wie und wovon sie sich ernähren, zugleich im wesentlichen die Beantwortung der Frage sieht, welche Nahrungsquellen für das Zooplankton überhaupt von maßgebender Bedeutung sind. Naumanns Studien geben nun wieder einen schönen Beweis dafür, daß die Algen keine nennenswerte Rolle bei der Ernährung der Kleinkrebse spielen.

Gegen die Möglichkeit, aus Darmuntersuchungen die Nahrung der Kleinkrebse zu ermitteln, sprach die in der Literatur vertretene Auffassung, daß die Tiere ihre Nahrung mit Hilfe der Mundwerkzeuge zermahlen, so daß man also leicht Täuschungen über die Art der Nahrung ausgesetzt sei, da sie nur im zertrümmerten Zustande in den Darm gelange und dann kaum in ihrer Art zu erkennen sei.

Entgegen dieser Anschauung fand Naumann, daß die Daphniden die Körper, die sie in ihren Darm aufnehmen, *nicht* mit den Mundwerkzeugen zermahlen. Sie filtrieren alle Schwebekörper, die unterhalb einer gewissen Größe (etwa 10—20 μ) sind, in sehr vollkommener Weise, aber *völlig wahllos* ab und verschlucken den Filtrerrückstand. Infolgedessen finden sich im Darm ebensogut Karminkörnern, Stärkekörner oder pulverisiertes See-Erz, das der Kulturflüssigkeit zugesetzt wurde, wie Algen, die in Rohkulturen geboten wurden oder an den natürlichen Fundorten lebten. Daneben fehlt niemals Detritus in wechselnder Menge und Beschaffenheit. Besonders in den Humusgewässern treten die Algen als Bestandteile des Darminhaltes stark zurück und der Detritus überwiegt. Zur Kennzeichnung der Art des Detritus gibt Naumann nur an, daß er eine starke Berlinerblaureaktion zeigt, also dreiwertiges Eisen enthält.

Die Untersuchung des Filtrerrückstandes im Kiemenkorbe vor dem Munde ergibt dieselben Körper, wie sie sich im Darm finden, nur kommen noch einzelne zartere Flagellaten hinzu, die im Darm zerfallen.

Während sich meine Behauptung von der sehr geringen Rolle der Algen bei der Ernährung der Kleinkrebse auf quantitative Überlegungen gründete, auf das Mißverhältnis zwischen der geringen Zahl der Algen, die man im Darm findet und die demnach als Nahrung dienen könnten und dem hohen Nahrungsbedarf, der sich aus dem Sauerstoffverbrauch ergibt, bringt Naumann einen qualitativen Beweis. Seine Feststellung geht noch weiter als meine Behauptung, denn er bringt den bündigen Nachweis, daß die sämtlichen Algen, auch die zarteren, keinerlei morphologisch nachweisbare Veränderungen im Darm erleiden, *daß sie völlig unverdaut den Darm passieren*. Hiermit ist also erwiesen, daß die Körper dieser Algen *keinerlei Bedeutung als Nahrung für die Kleinkrebse haben*.

¹⁾ A. Pütter, Zeitschr. f. allgem. Physiol. Bd. 7, 1907, S. 283—320 und S. 321—368. — A. Pütter, Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer. Jena, bei Gustav Fischer 1909.

²⁾ Einar Naumann, Über die natürliche Nahrung des limnischen Zooplanktons. Lunds Universitets Årsskrift N. F. Avd. 2, Bd. 14, Nr. 31, Lund 1918.

Was nun die zweite Frage anlangt, die Frage, welcher Art die Nahrungsstoffe der Kleinkrebse sind, so kann ich mich mit *Naumanns* Antwort nicht einverstanden erklären. Er hält den staubfeinen Detritus, der in kaum einem natürlichen Wasser fehlt, in den algenarmen Humusgewässern aber recht reichlich vorhanden ist, für die eigentliche Nahrung der Entomostraken und spricht damit dieser Stoffgruppe eine beherrschende Rolle im Stoffhaushalt der Gewässer zu, denn da die Kleinkrebse nach Zahl und Größe die bedeutendste Gruppe der Planktontiere darstellen, muß eine Stoffgruppe, die zu ihrer Ernährung geeignet und hinreichend ist, von wesentlichster Bedeutung im Haushalt der Binnengewässer sein.

Einen Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung kann ich in *Naumanns* Ausführungen durchaus nicht finden. Es liegt in der Anlage seiner Untersuchungen bereits die Voraussetzung, daß durch Darmuntersuchungen überhaupt die Frage der Ernährung der Wassertiere grundsätzlich lösbar sei. Gerade diese Annahme aber muß ich bestreiten. *Naumanns* Schlußfolgerung ist die: Im Darm der Daphniden finden sich einerseits Algen, andererseits stets Detritus. Die Algen sind — wie die Untersuchung lehrt — *keine* Nahrung, denn sie werden nicht verdaut, also ist der Detritus die Nahrung.

Diese Schlußfolgerung muß auf das schärfste angefochten werden! Es muß doch für den Detritus dieselbe Frage erörtert werden wie für die Algen, die Frage, ob er überhaupt verdaut und resorbiert wird, ob er überhaupt als Nährstoff dient. Die mikroskopische Untersuchung müßte dann ergeben, daß das Aussehen der Detrituskörnchen sich vom Vorderdarm bis zum Enddarm hin ändert, oder daß die Menge der Körnchen im Enddarm geringer ist als im Vorderdarm, daß in den Darmentleerungen bestimmte Arten der Körnchen fehlen, die sich im Darm finden. Von alledem gibt *Naumann* nicht das geringste an. Nach seinen Abbildungen ist die Masse, die den Enddarm füllt, in jeder Weise gleichartig mit der, die verschluckt wird.

Es wäre also folgerichtig gewesen, wenn er den Schluß, den er für die Algen zieht, daß sie nämlich bedeutungslos für die Ernährung sind, auch auf den staubfeinen Detritus ausgedehnt hätte. Er wäre dann unvermeidlich zu dem Schluß gekommen, daß keiner der beiden Bestandteile des Darminhaltes als Nahrung anzusprechen sei, daß also — außer den wenigen hinfälligen Flagellaten — überhaupt keine geformten Stoffe nachweisbar sind, die durch den Mund aufgenommen, im Darne verdaut und resorbiert werden, und hätte sich dann der Folgerung nicht entziehen können, daß Darmuntersuchungen bei Daphniden völlig ungeeignet zur Feststellung der Ernährung sind, daß die Nahrung in anderer Form und auf anderen Wegen den inneren Organen der Kleinkrebse zugeführt wird, als wir es bei anderen Tier-

gruppen, z. B. bei den Säugetieren und Vögeln gewöhnt sind.

Wäre aber auch der qualitative Nachweis erbracht worden, daß Detritus im Darm verdaut und resorbiert wird, so bliebe die quantitative Frage zu erörtern, ob die Stoffmengen, die auf diese Weise in den Stoffwechsel gelangen, hinreichend sind, um den Stoffbedarf zu decken. Die quantitativen Fragen erörtert *Naumann* gar nicht.

Über die möglichen Nahrungsquellen des Wassertiers gibt *Naumann* eine übersichtliche Zusammenstellung. Er unterscheidet zunächst die belebten und unbelebten Nährstoffe. Unter den belebten trennt er die Formen von mehr als 2μ , zu denen die Algen und vor allem auch die autotrophen Organismen des Nannoplanktons gehören, ab von den Formen unter 2μ ; die hauptsächlich aus Bakterien bestehen. Unter den unbelebten Nährstoffen unterscheidet er die groben Dispersionen von über $0,1\mu$ Korngröße von den kolloidgelösten Stoffen mit $0,1-0,001\mu$ Korngröße und endlich die in echter Lösung vorhandenen Stoffe.

Als ich meine Untersuchungen über die Ernährung der Wassertiere begann, galt es als Dogma, daß die Algen mit Größen von $10-20\mu$ und mehr die Ernährung der Planktontiere seien. Nachdem ich die Unrichtigkeit dieser Anschauung erwiesen hatte und gleichzeitig *Lohmann* den Einblick in die Welt des Nannoplanktons eröffnete, wurde das Dogma dahin abgeändert, daß das Zwergplankton die Ernährung sei.

Nachdem jetzt *Naumann* nachgewiesen hat, daß — wie ich seit langem behauptet habe — auch das Zwergplankton als Nahrung der wichtigsten Gruppe der Planktontiere, der Kleinkrebse nicht in Frage kommt, soll es der staubfeine Detritus sein, der die Ernährung besorgt, wie ja auch schon *Petersen* behauptet hat.

Meines Erachtens hat aber *Naumann* durch seine Untersuchungen auch diese Annahme schon widerlegt und der Schritt wird unvermeidlich, in gelösten Stoffen die Nahrung der Entomostraken zu suchen. Ob diese Stoffe in Form kolloider oder echter Lösungen vorhanden sind, darauf habe ich niemals Wert gelegt und halte die Frage auch heute noch für weniger wichtig. Sobald man aber überhaupt dahin gelangt, auf gelöste Stoffe als Nahrung zurückzugreifen, eröffnen sich die Perspektiven, die ich in meinen Arbeiten entwickelt habe und deren weitere Auswertung dringend erwünscht ist. Daß die experimentellen Beweise für die Ernährungsbarkeit von Wassertieren durch gelöste Stoffe noch spärlich und ergänzungsbedürftig sind, ist mir wohl bekannt. Wäre nur ein Teil der Mühe, die sich eine ganze Anzahl von Forschern dauernd mit der mikroskopischen Untersuchung des Planktons gibt, in dieser Richtung aufgewandt worden, so wäre die Frage jetzt, 11 Jahre nach meinen ersten Untersuchungen, sicher wesentlich gefördert. Freilich gehört zur Klärung dieser Fragen etwas mehr, als die einfache Beobachtung mit dem Mikroskop.

Die Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes in ihren Beziehungen zum Kulturzustand des Forstes.

Von Dr. Hans Walter Frickhinger, München.

(Schluß.)

Noch viel zahlreicher als Pracht- und Bockkäfer ist das Vorkommen der Borkenkäfer im Bialowieser Forst. „Es gibt kaum einen vom Sturm geworfenen oder abgestorbenen stehenden Nadelholzbaum, der nicht von ihnen besetzt ist, und auch die durch die deutsche Forstverwaltung frisch gefällten Stämme wiesen zum Teil schon einen recht dichten Befall auf. Vielfach konnte man eine ganze Reihe von verschiedenen Arten an einem Stamm beisammen finden.“ So konnte Escherich an einem Kiefernstamm allein vier Arten feststellen: den großen Kiefernmarkkäfer (*Hylesinus* (*Myelophilus*) *piniperda*), den kleinen Waldgärtner (*Hylesinus minor*), dann die beiden Tomiciden, *Tomicus sexdentatus* und *T. laricis*. Besonders die letzte Art war von allen Nadelholzborkenkäfern am häufigsten, ihre unregelmäßigen Fraßbilder traten dem Forscher überall an Fichte und Kiefer entgegen. Auch die beiden oben genannten Waldgärtner (*Hylesinus piniperda* und *H. minor*) waren sehr häufig, desgleichen auch der Buchdrucker (*Tomicus* (*Ips*) *typographus*) und *Tom. amittinus*, weiterhin der zweizähnlige und der vierzähnlige Kiefernborke (Käfer) (*Pithyogenes* (*Ips*) *bidentatus* und *P. quadridens*), endlich *Tomicus chalcographus* und *Polygraphus polygraphus*. Nicht selten waren ferner *Hylastes ater*, *opacus* und *palliat* und *Dryocoetes autographus*. Besonders auffallend waren dem Forscher die außergewöhnlich langen Muttergänge in den Fraßbildern dieser rindenbrütenden Borkenkäfer: „so erreichten die doppelarmigen Gänge des kleinen Waldgärtners bisweilen zusammen die Länge von etwa 15 cm“.

Im Vergleich zu den rindenbrütenden Borkenkäfern traten die Nutzholzborkenkäfer, die ihre Gänge nicht nur in die Rinde, sondern bis tief in den Stamm hinein anlegen und dadurch sehr schädlich werden, stark zurück. Nur vereinzelt fand Prof. Escherich an geworfenen oder noch stehenden abgestorbenen Nadelholzstämmen *Xyloterus lineatus*.

Eine Gruppe bei uns sehr wichtiger und häufiger Nadelholzrindenbrüter fehlte im Bialowieser Forst fast vollkommen, das sind die Rüsselkäfer aus der Gattung *Pissodes*. Nur ganz wenige Fraßbilder dieser Schädlinge konnte Escherich entdecken.

Auch an Laubholz fehlten die sekundären Schädlinge nicht: besonders zahlreich tritt der Birkensplintkäfer (*Scolytus Ratzeburgi* Jans.) (Abbildung 7 und 8) auf, dessen schöne Fraßbilder allenthalben auf den abgefallenen Rinden oder auf den von der Rinde entblößten gefallenen oder noch stehenden Stämmen zu sehen waren. Außer diesem Borkenkäfer fand sich

auch in der Birke noch mehrfach ein Nutzholzborkenkäfer (*Xyloterus signatus*). Stark befallen von sekundären Schädlingen waren unter dem Laubholz besonders die Pappeln und Aspen: Borkenkäfer, Prachtkäfer und ein Schmetterling, der Weidenbohrer (*Cossus cossus*) wirkten zusammen, um manche Bäume stark zu schädigen. Von Borkenkäfern war an Eschen vornehmlich *Hylesinus crenatus* und *H. fraxini* festzustellen, auch die Weißbuchen zeigten sich nicht frei von Schädlingen, die Spuren der Tätigkeit von Borkenkäfern und Bockkäfern fand Prof. Escherich an ihnen.



Abb. 7. Fraßbild am Splint einer Birke, gefertigt vom Birkensplintkäfer (*Scolytus Ratzeburgi* Jans.).
 $\frac{3}{4}$ nat. Größe.

An älteren Stämmen, die schon vor längerer Zeit geworfen und infolgedessen von den sekundären Insekten bereits wieder verlassen waren, stellen sich noch andere Insekten ein, die Escherich als „tertiäre Insekten“ bezeichnet. Sie leben hauptsächlich im Mulm, der sich unter der Rinde bildet. „An solchen „tertiären“ Insekten herrscht im Urwald ein großer Reichtum.“ An alten Kiefernstämmen z. B., an denen die Rinde ohne große Schwierigkeit sich ablösen ließ, wimmelte es mancherorts von den charakteristischen breit-

gedrückten *Larven* des *Feuerkäfers* (*Pyrochroa*) oder von den *Larven* und *Puppen* von *Bockkäfern* (*Acanthocinus* und *Rhagium*).

Wenn auch die hier mitgeteilten Untersuchungen *Escherichs* im Bialowieser Urwald durchaus kein lückenloses Bild der dortigen forstentomologischen Verhältnisse bieten können, so sind doch wohl die Hauptlinien dieses Bildes richtig gezeichnet.

Erklärung der Befunde aus dem Kulturzustand des Forstes.

Prof. *Escherich* versucht seine Befunde, die sich so ganz anders darstellten als der Forstentomologe sie aus dem deutschen Walde zu sehen gewöhnt ist, aus dem Kulturzustand des Bialowieser Forstes zu erklären.

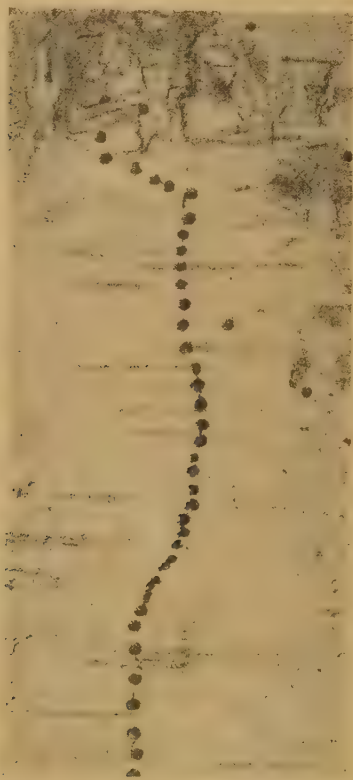


Abb. 8. Birkenrindenstück mit Luftlöchern des Birken Splintkäfers (*Scolytus Ratzeburgi* Jans.)
½ nat. Größe.

Im deutschen Walde überwiegen, darauf wurde eingangs schon hingewiesen, die primären Schädlinge: allenthalben treffen wir an den Laubblättern Löcher und Scharten, die von Rüsselkäfern, Blattkäfern, Schmetterlingsraupen usw. gefressen sind; an jungen Kiefern fallen jedem Beobachter abgestorbene Knospen, Triebmißbildungen, Harzgallen, schartig gefressene Nadeln auf; an Fichten haben Kleinschmetterlinge nicht selten die Nadeln ausgehöhlt und zusammen gesponnen, haben Blattwespen Triebe kahl gefressen. In allen jungen Kulturen finden sich abgestorbene, zum

mindesten stark kränkelnde Pflänzchen, die ihr Siechtum dem großen braunen Rüsselkäfer oder wurzelbrütenden Borkenkäfern verdanken. Eine alltägliche Erscheinung sind weiterhin die Gallen, die dem Beobachter auf Schritt und Tritt, an allen möglichen Waldbäumen, Laub- und Nadelholz, begegnen. „Auch mit katastrophalen Insekten (Schmetterlingen, Blattwespen usw.), die sich in Massenvermehrung befinden, sind wir genügend versorgt; irgend eine kleine örtlich begrenzte Kalamität haust sicherlich alljährlich im Lande.“

Von all dem im Urwald keine Spur, jedenfalls im Vergleich zu den sekundären Insekten kein nennenswerter Schaden! Womit ist dieses unterschiedliche Verhalten zu erklären? Prof. *Escherich* erklärt es folgendermaßen: „die sekundären Insekten bedürfen zu ihrer Vermehrung vor allem kränkelnden Pflanzenmaterials mit stockenden Säften. Ihre Vermehrungsziffer steht daher im allgemeinen im direkten Verhältnis zu der Menge des vorhandenen geeigneten Brutmaterials. Je mehr solches geboten wird, desto stärker ist die Vermehrung der sekundären Schädlinge und umgekehrt. Da nun im Bialowieser Urwald, trotz des bestehenden Brauches, die Dürrhölzer zu entfernen, von einer sauberen Wirtschaft in unserem Sinne keine Rede sein kann, sondern vielmehr allenthalben reichliches Brutmaterial in den vom Sturme geworfenen oder abgeknickten oder von Pilzen geschwächten Bäumen dargeboten wird, so verstehen wir ohne weiteres, daß die Borken-, Bock- und Prachtkäfer usw. stets in stärkerer Vermehrung als in unseren Kulturwäldern begriffen sind, oder vielmehr, daß der eiserne Bestand (Normalziffer) jener sekundären Insekten im Urwald ein höherer ist resp. sein muß als im sauberen Kulturwald.“ Mit besonderem Nachdruck betont Prof. *Escherich*, daß die große Zahl der sekundären Schädlinge durchaus keine „anormale“ Übervermehrung bedeutet, sondern vielmehr die dem Urwald zukommende Normalvermehrung darstellt, die dem Gleichgewichtszustand der Urwaldbiocoenose angepaßt ist. „Dieses geht daraus hervor, daß die für unsere Begriffe bedenkliche Höhe der Vermehrungsziffer der Borkenkäfer usw. im Urwald keine Gefahr zu bedeuten, sondern für ihn ebenso unbedenklich oder wenigstens nicht bedenklicher zu sein scheint, wie eine ungleich niedrigere Vermehrungsziffer in unseren Wäldern.“ Wäre dem nicht so, so müßten schon längst die großen Borkenkäferkalamitäten im Urwald aufgetreten sein. Es konnten aber keine Spuren angetroffen werden, welche darauf hindeutet hätten, daß durch Borkenkäferplagen große Waldbestände zugrunde gegangen wären.

Eine Übervermehrung des Borkenkäfers wurde dadurch hintangehalten, daß die bunte Mischung der Baumarten einer zu starken Ausbreitung der Schädlinge ein vorzeitiges Halt setzt. Einen nicht minder wichtigen Faktor dürfen wir in der großen Zahl der natürlichen Feinde erblicken.

Die Bedeutung der natürlichen Feinde für das Schädlingsauftreten.

Von natürlichen Feinden der Schadinsektenwelt kommt unter den Säugetieren sicherlich dem Wildschwein (*Sus scrofa* L.) in forstlicher Hinsicht die größte Bedeutung zu. „Wenn wir einerseits den Nahrungsbedarf der großen Tiere berücksichtigen und andererseits die Kleinheit der Insekten, welche zeitweise einen wesentlichen Bestandteil der Nahrung ausmachen, so verstehen wir ohne weiteres, welche große Mengen zur Ernährung eines Schwarzwildrudels notwendig sind.“ Escherich rühmt den hohen Stand an Schwarzwild, wie er ihn im Bialowieser Urwald angetroffen und glaubt, daß „das Schwarzwild einen wesentlichen Faktor für die Niederhaltung solcher Insekten darstellt, welche in irgend einem Stadium, als Imago, Puppe oder Larve (unbehaarte!) in der Bodendecke sich aufhalten“. Zu diesen gehören eine Reihe ganz ernster Schädlinge, wie die Kieferneule oder der Kiefernspanner, die als Puppe im Boden überwintern, ferner einige Nadelholzblattwespen (*Lyda*, *Nematus*), weiterhin die Larven zahlreicher Käfer (*Melolonthidae*, *Elaterridae* usw.).

Auch die große Anzahl der insektenfressenden Vögel darf in ihrer Wirkung auf die Schädlinge nicht unterschätzt werden. Die große Zahl der spechtartigen Vögel, die der Forscher im Urwald antraf, werden allein schon große Massen der Schadinsekten vertilgen. An spechtartigen Vögeln führt Escherich auf: den Schwarzspecht (*Dryocopus martius*), den großen, mittleren und kleinen Buntspecht (*Dendrocopus major, medius und minor*), den Weißspecht (*Dendrocopus leucotus* Becht.), den Dreizehenspecht (*Picoides tridactylus* L.), den Grünspecht (*Gecinus viridis* L.), den Grauspecht (*Gecinus canus* Gmel.), dann den Kleiber (*Sitta caesia* L.) und den Baumläufer (*Certhia familiaris* L.).

Unter den insektenvertilgenden Vögeln, welche im Kampfe gegen die primären Schädlinge vor allem in Frage kommen, sind neben den Spechten vornehmlich die Meisenarten (*Paridae*) zu nennen, die im Urwald sehr zahlreich vorkommen. Auch der Kuckuck (*Cuculus canorus* L.), die Blaurake (*Coracias garulla* L.), der Wiedehopf (*Upupa epops* L.) und die Nachtschwalbe (*Caprimulgus europaeus* L.), die besonders in der Dämmerung der Insektenjagd obliegt, sind im Urwald alle sehr häufig und spielen bei der Vertilgung der verschiedensten Schädlinge sicher eine einschneidende Rolle.

Im Vergleich zum deutschen Forst ist diese hohe Zahl an insektenvertilgenden Vögeln natürlich erstaunlich, noch viel erstaunlicher aber ist die große Zahl der Räuber aus dem Geschlecht der Insekten selbst: vornehmlich die Raubfliegen „schwärmen im Bialowieser Urwald in geradezu aufdringlicher Weise herum“. Escherich konnte sowohl Vertreter der Raubfliegen, der *Asilus*-Arten, als auch solche der Mordfliegen, der *La-*

phria-Arten, feststellen. „Dann sind auch unter der Rinde kleine und kleinste Feinde in nicht geringer Zahl an der Arbeit, die dort lebenden Larven der Schädlinge zu dezimieren.“ Der ameisenartige Buntkäfer (*Clerus formicarius* L.), ein bekanntes Raubinsekt, ist in Bialowies viel häufiger anzutreffen als bei uns. Auch eine räuberische Fliegenlarve, aus der Gattung *Xylophagus*, und die räuberischen Larven der Feuerkäfer (*Pyrochroa*-Arten) sind stellenweise ungeheuer häufig. Daneben erwähnt der Forscher noch verschiedene räuberische Kleinkäfer aus den Familien der *Staphilinen* und *Hysteriden*, auch der Befall durch Schlupfwespen dürfte mancherorts im Urwald ein kräftigerer sein als im deutschen Walde.

Der hohe Feuchtigkeitsgehalt im Bialowieser Forst eröffnet weiteren Insektenfeinden beträchtliche Möglichkeiten: der Befall durch parasitische Rundwürmer (Fadenwürmer, Nematoden) mit seiner „vermehrungsbeschränkenden Wirkung“ dürfte im Urwald als nicht zu unterschätzender Faktor in Betracht kommen. Auch die Verbreitung der insektentötenden Pilze wird durch diese feuchten Landstriche sehr gefördert und konnte Escherich zahlreiche verpilzte Insektenlarven beobachten.

So kommt Prof. Escherich auf Grund dieser Sachlage zu der Schlußbetrachtung, daß „das reichlich vorhandene Brutmaterial im Bialowieser Urwald eine stärkere Vermehrung der sekundären Schädlinge zur Folge hat, daß aber die stärkere Vermehrung nicht, wenigstens nicht in nennenswertem Maße, zu einem Primärwerden, resp. zu einer katastrophalen Entwicklung führt, und zwar wohl in erster Linie infolge der Mischung von Holzarten und dann infolge vermehrten Auftretens von Feinden aller Art. Letzteres ist seinerseits in vielen Fällen wiederum in derselben Ursache begründet, in der die stärkere Vermehrung der Schädlinge ihre Wurzel hat, nämlich in der unsauberen Wirtschaft im Walde, die z. B. den höhlenbrütenden Vögeln und zahlreichen Raubinsekten günstige Lebensbedingungen schafft. So haben wir also in der erhöhten Zahl der sekundären Schädlinge im gemischten Urwald nicht eine gefahrdrohende anormale Erscheinung zu erblicken, sondern einen normalen Bestandteil der Lebensgemeinschaft des Urwaldes.“

Erörterung weiterer vermehrungsbeschränkender Bedingungen.

Das starke Zurücktreten der primären Schädlinge ist also sicherlich eine Folgeerscheinung des massenhaften Auftretens der natürlichen Feinde bzw. der vermehrungsbeschränkenden Bedingungen überhaupt. Als solche sind je nach den Lebensgewohnheiten des einzelnen Insektes die klimatischen Einflüsse aller Art (Feuchtigkeit, Trockenheit, Hitze, Kälte, Sturm, Überschwemmungen usw.) aufzufassen. Der Erwähnung der Parasitenwirkung (Schlupfwespen, Raupenfliegen) ist noch

ergänzend beizufügen, daß gerade der Mischwaldcharakter des Urwaldes die Parasitenentwicklung sehr begünstigt. Zahlreiche Parasiten benötigen ja zu ihrer Entwicklung eines Zwischenwirtes, der oft ganz anderer Art ist als der Schädling und auch auf ganz anderen Pflanzen lebt als dieser. Da viele Parasiten in der Bodendecke sich verpuppen, ist auch der Umstand, daß im Urwald die Bodendecke restlos erhalten ist, der Parasitenentwicklung nur von Vorteil. An Raubinsekten wären unter den Feinden der primären Schädlinge die roten Waldameisen oben zu nennen. „Die hohe Bedeutung der Ameise als Vertilgerin der verschiedensten Forstinsekten (vor allem der primären) ist von den meisten forstentomologischen Schriftstellern zugegeben und steht außer allem Zweifel. Man braucht nur einige Zeit sich bei einer Ameisenstraße aufzuhalten, um sich zu überzeugen, daß von den heimkehrenden Arbeitern Unmengen Insekten der verschiedensten Art ins Nest geschleppt werden; und zwar holen sie ihre Beute nicht nur auf dem Boden, sondern sie erklettern auch die höchsten Bäume, um dort auf die in den Nadeln oder Blättern fressenden Raupen, Käfer usw. Jagd zu machen.“ Im Bialowieser Forst nun konnte *Escherich* ein sehr dichtes Ameisen-vorkommen konstatieren, dem sicherlich mit ein Hauptanteil an dem Niederhalten der primären Schadinsekten zukommt.

Daß der *Kiefernspinner*, der ja zwar auch im Boden überwintert, aber als behaarte Raupe vom Wildschwein nur sehr ungern angenommen wird, im Bialowieser Wald nicht hochkommt, daran ist wohl die starke Bodenfeuchtigkeit schuld, welche, wie oben ausgeführt, der Verpilzung der Raupen sehr Vorschub leistet. Diese stellt aber gerade beim Spinner eine bedeutende Regulierung dar, da dieser in einem *Pyrenomyceten*, einer *Cordyceps*-Art (*Cordyceps militaris* Link.), einen sehr gefährlichen Feind besitzt. Auch die hohe Zahl der Parasiten dieses Schädlings mag hierbei ins Gewicht fallen.

Die *Nonne* hat im Bialowieser Urwald, wie eingangs erwähnt, schon starke Befallsflächen gezüchtet, immerhin war ihr Auftreten durchaus nicht so katastrophal, wie wir es in deutschen Wäldern schon erlebten. Da die Nonne ihre ganze Entwicklung über dem Boden durchmacht, erwächst ihr aus der Tätigkeit des Wildschweines kein Schaden. Auch die Mischung des Waldes spielt bei der Nonne nicht jene starke, absolut vermehrungshemmende Wirkung wie bei manchem anderem Schädling, da die Nonne ja polyphag ist, wenn sie auch Nadelholz (Fichte und Kiefer) bevorzugt. Möglicherweise haben die insektenvertilgenden Vögel ihre Übervermehrung im Zaum gehalten oder es sprechen noch andere Faktoren mit, die sich unserer Kenntnis heute noch entziehen.

Ganz anders ist das verhältnismäßig harmlose Verhalten des großen braunen Rüsselkäfers (*Hyllobius abietis* L.) zu erklären. Er spielt trotz

seines häufigen Vorkommens im Urwald bei weitem keine solch verderbliche Rolle wie bei uns, wo er als Mörder zahlreicher junger Kulturen heimtückisch wirkt. Der Rüsselkäfer legt seine Eier in Baumstrünke ab, die von Fällungen am Boden verblieben sind. Solche Brutstätten finden die Schädlinge im Urwald durchaus nicht so wie im Kulturwald in großer Zahl zusammen, sie sind dort nur vereinzelt anzutreffen. Auch Pflanzungen sind im Urwald nicht so häufig wie im Kulturwald, vor allem befinden sie sich nicht in unmittelbarer Nähe der Kahlfächen, wie es im deutschen Wald oft der Fall ist. Diese „unmittelbar gehäufte Nachbarschaft von Brutstätten und Fraßpflanzen“ bedeutet aber nicht nur eine „Bequemlichkeit resp. eine Erleichterung der Lebensbedingungen, sondern noch mehr, nämlich eine erhöhte Sicherheit vor Feinden, die wiederum gleichbedeutend ist mit einer Erhöhung der Vermehrungsziffer; denn es leuchtet ohne weiteres ein, daß der Käfer bei weiten Wanderungen (von der Brutstätte zu seiner Fraßstelle auf Bäumen und umgekehrt) von mehr Gefahren bedroht wird, als wenn er nur den kurzen Weg vom Stock bis zu den danebenliegenden Pflänzchen zurückzulegen hat, an deren Wurzelhals er überdies gut geschützt und verborgen seinem Fraß obliegen kann.“ Professor *Escherich* konnte selbst beobachten, wie zahlreiche Feinde dem Rüsselkäfer nachstellten; daß sie in hohem Maße an der Niederhaltung der Schädlinge beteiligt sind, ist unzweifelhaft.

Das Fehlen der Gallen ist schwer zu erklären. Nur ist es eine bekannte Tatsache, daß feuchte Gegenden oft auffallend arm an Gallen sind. Diese Erklärung wird wohl auch für den Bialowieser Urwald zu beanspruchen sein.

Endlich muß noch auf einen sehr wichtigen Umstand hingewiesen werden, der für das geringe Auftreten so mancher Insekten ausschlaggebend sein dürfte: daß nämlich die Bäume im Urwald auf einem ihnen völlig zusagenden Standort stehen und durch strotzende Gesundheit und Frohwüchsigkeit sich auszeichnen. Das gilt für zahlreiche Kleinschmetterlinge oder Blattwespen, die mit Vorliebe weniger frohwüchsige Pflanzen befallen. Im Kulturwald haben sie dazu mehr als reichlich Gelegenheit; denn die „Kultur“ führt ja oft dahin, daß die standortgemäße Holzart entfernt und durch eine nicht standortgemäße ersetzt wird. Deren Wachstum ist dann natürlich nicht so kraftstrotzend, wie es das der natürlichen Holzart wäre.

Die Ausführungen Prof. *Escherichs*, das haben seine hier mitgeteilten hauptsächlichsten Erfahrungen und Gedankengänge wohl erwiesen, konnten, abgesehen davon, daß sie einen sehr guten Überblick über die forstlich bedeutungsvolle Insektenwelt des Bialowieser Urwaldes geben, in besonders deutlicher Weise klar tun, wie tief die Wechselbeziehungen auch der niederen Tierwelt zum Kulturzustande eines Landes gestaltet sind.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Sichtbarkeit der Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus.

In seiner Zuschrift, Band VI, Seite 709 der „Naturwissenschaften“ bringt Herr Dr. Felix Jentsch-Graefe Zitate zu seinem früheren Aufsatz Seite 546 bis 548; unter anderem, daß ich am 10. März 1915 zuerst darauf hinwies, „daß bei großem Augenabstand die von einem Punkte innerhalb des Wassers nach der Pupille hingehenden Strahlen die Oberfläche in einem so ungemein kleinen Kreise treffen, daß innerhalb desselben die Wasserfläche trotz Kräuselung als eben angesehen werden kann“. Wie Herr Jentsch mitteilt, bringt er die Zitate, nachdem ihm „ein dahingehender Wunsch ausgesprochen wurde“. Hierzu möchte ich mir die Bemerkung erlauben, daß ich es nicht war, der diesen Wunsch ausgesprochen hat. Der leichteren Zugänglichkeit halber möge aber noch erwähnt sein, daß ich meine Ausführungen außer in den Marburger Sitzungsberichten auch in der Abmann-Festschrift: „Das Wetter“ 13. April 1915 und in der „Deutschen optischen Wochenschrift“, Nr. 4, 1915 veröffentlichte.

Marburg an der Lahn, den 14. Dezember 1918.

F. Richarz.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 25. November sprach Professor Dr. G. Schott (Hamburg) über die **Ozeanographie und Klimatologie des Persischen Golfs**. Über diesen Meerbusen des Indischen Ozeans lag bis zu Beginn des Krieges keine zusammenfassende Bearbeitung vor. Auf der Deutschen Seewarte wurde daher das mehrere Tausend Beobachtungssätze umfassende Material, welches die Schiffe der Hamburg-Amerika-Linie auf ihren regelmäßigen Fahrten zusammengebracht hatten, eingehend bearbeitet. Ergänzt wurden diese Messungen durch diejenigen des persischen Regierungsdampfers „Persepolis“ und der Landstationen Buschehr, Dschask, Maskat, Bahrein und Basra.

Der Persische Golf bildet die natürliche Grenze zwischen den Faltengebirgen Persiens und dem arabisch-afrikanischen Schollenland. Nur auf die Halbinsel Oman greifen die Gebirgsketten in ähnlicher Weise auf das jenseitige Ufer über, wie die spanischen Gebirge über die Straße von Giberaltar nach Marokko. Die Tiefen des Golfes sind gering; es handelt sich hier nur um ein vom Meere überspieltes Gebiet. Die verschiedene morphologische Ausbildung der beiden Ufer ist charakteristisch, denn der Golf von Oman ist auf beiden Seiten von Faltengebirgsland begrenzt, während das Rote Meer einen Einbruch in ein einfürmiges Tafelland darstellt. Das Areal des Persischen Golfs beträgt etwa 224 000 qkm, wozu noch das des Golfes von Oman bis 60° Ost mit 93 000 qkm kommt. Der Persische Golf ist also halb so groß, wie die Ostsee und doppelt so groß wie die Adria.

Die **Wassertemperatur** bleibt nicht, wie es noch in den letzten amtlichen Veröffentlichungen heißt, fast immer über 30°, sie beträgt vielmehr im Februar am Nordwestrande nur 15° und steigt nach dem Ausgange zu auf 21°. Dabei ist die arabische Seite kälter als die persische. Die Perlmuschelbänke erreichen ihre Nordgrenze etwa bei Abu Ali, wo die Wassertemperatur im Februar bis auf 16° sinkt. Im August hat der Persische Golf 30° bis 36°, und es ist sehr wahrscheinlich, daß die alleroberste Wasserschicht stellenweise 40° erreicht. Gleichmäßiger sind die Temperaturverhältnisse

draußen im Indischen Ozean, der also im Winter wärmer, im Sommer kühler ist, wobei der Golf von Oman das Übergangsgebiet darstellt und demnach ein starkes Temperaturgefälle aufweist. Im Persischen Golf tritt das Maximum im August ein, während das Wasser des Golfes von Oman schon im Juni die höchste Temperatur hat, ein Beweis für dessen Zugehörigkeit zur indischen Klimaregion.

Der **Salzgehalt** ist hoch und erreicht 4 % an der nördlichen Seite von der Gegend bei Buschehr bis zur Einmündung des aus dem Zusammenfließen von Euphrat und Tigris entstandenen Schatt el Arab, dessen Wasser an der arabischen Seite nach Südosten fließt, während an der persischen Seite eine vom Ozean kommende Strömung nach Nordwesten läuft. Im Februar reicht die Isohaline (Linie gleichen Salzgehaltes) von 4 % bis Bahrein.

Die **Wasserzirkulation** besteht in einem, der Bewegungsrichtung des Uhrzeigers entgegengesetzten Kreislauf. Die Geschwindigkeit der Strömung ist nur gering und bleibt meist unter einem halben Knoten. (Knoten = Seemeile pro Stunde, 1 Knoten also rund = $\frac{1}{2}$ m p. sek.)

Die **Tierwelt** des Persischen Golfes ist sehr reich. Alle Schiffsführer betonen die Mengen von schwimmendem Fischlaich, von Fischzügen, Delphinen, Haifischen und Seeschildkröten. Ausdrücklich wird in allen Berichten das starke Meerleuchten hervorgehoben, das zu jeder Jahreszeit auftritt. Auch andere optische Eigentümlichkeiten sind häufig, wie z. B. die unter der Bezeichnung Milchmeer bekannte weißliche Färbung, die ebenfalls auf tierische Organismen zurückzuführen ist.

Das **Klima** ist nur im Winter erträglich. Der kälteste Monat (Januar) hat im Persischen Golf unter 49° bis 50° östlicher Länge eine Mitteltemperatur von 15,9°, im Golf von Oman unter 59°—60° östlicher Länge eine solche von 21,9°. Der wärmste Monat ist unter diesen Längengraden im Persischen Golf der August mit 32,5°, im Golf von Oman der Juni mit 29,5°. Die absoluten Minima sinken an den Küstenstationen nie unter 0°, dagegen kommen weiter landeinwärts Fröste vor. Im Sommer ist es unerträglich heiß. In Maskat stieg das Thermometer auf 41,6°, in Basra sogar auf 47°. Bender Abbas wird im Sommer fast menschenleer. An der Spitze der Halbinsel, die in der Meerenge von Hormus weit nach Norden vorspringt, ist es nicht möglich gewesen, eine gerade dort sehr nötige Signalstation für die Schifffahrt zu errichten, weil kein Europäer den Aufenthalt daselbst längere Zeit erträgt. Hieran ist im Verein mit der hohen Temperatur auch die große Feuchtigkeit schuld, die viele Todesfälle durch Hitzschlag verursacht. Auf einem englischen Kriegsschiff starben daran an einem Tage 23 Mann der Besatzung. Weiter im Innern dagegen kann die Feuchtigkeit sehr gering sein, so daß Wasser von 33° in porösen Tongefäßen durch die Verdunstungskälte bis auf 18° abgekühlt werden kann. Der Sommer ist vom Juni bis zum Oktober absolut regenlos. In Bahrein hat der Dezember mit 24,4 mm den meisten Niederschlag, die Jahressumme beträgt 82,8 mm. Ersatz für den fehlenden Sommerregen bildet der auch auf See überaus starke Taufall. Die Sonnenscheindauer in dem absolut wolkenlosen Sommer ist nur noch mit derjenigen von Assuan in Oberägypten zu vergleichen. Die Bauart der Häuser in den Küstenorten wird der starken Sonnenstrahlung angepaßt. Die Luft ist durch feinen, von den Wüsten herausgewehten Lehmstaub sehr häufig stark dunstig, was manche Gefahren für die Schifffahrt mit sich bringt.

Die Luftdruckverteilung hat im Persischen Golf einen ständigen Nordwestwind (Schamal) zur Folge, der im Golf von Oman während des Sommers durch den Südost-Monsun abgelöst wird. So tritt in allen einzelnen klimatischen Elementen beim Persischen Golf eine Annäherung an den Mittelmeertypus; beim Golf von Oman an den Indischen Typus zutage.

In der dem Vortrage sich anschließenden Erörterung wurden von Professor Uhlig, Professor Merz und Professor Baschin verschiedene Einzelheiten der interessanten Darlegungen näher besprochen.

* * *

In der Sitzung am 7. Dezember hielt Dr. K. Pohle (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über **siedlungs- und wirtschaftsgeographische Probleme des Nordens**. Unter „Norden“ versteht der Vortragende das Gebiet, in dem eine zusammenhängende Ackerkultur nicht mehr möglich ist. In dem eigentlichen Polargebiet hört der Ackerbau überhaupt auf. Es gibt kein Volk auf der Erde, bei dem der polare Typus so stark ausgeprägt ist, wie bei den Eskimos, welche die Urform der menschlichen Wirtschaft, Jagd und Fischerei bis zur Virtuosität ausgebildet haben und im arktisch-amerikanischen Archipel noch in voller Freiheit wohnen, während sie in Grönland unter dänischem Schutz stehen. In Alaska ist durch die Goldfunde stellenweise eine Anhäufung von Menschen hervorgerufen worden, die meist nicht zu den Völkern des Nordens gehören. Auf Nowaja-Semlja hat die russische Regierung in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts über 100 Samoeden angesiedelt. Aber auch wenn man von diesen rein polaren Gegenden absieht, findet man im ganzen Norden eine sehr geringe Volksdichte, die in der alten Welt im allgemeinen nach Osten hin noch abnimmt. Die primitive Art des nordfinnischen Ackerbaus wird durch das „Schwenden“ eingeleitet, ein Abbrennen des Gestrüchs und Säen auf dem durch die Asche gedüngten Boden. Mit Mühe muß der Mensch die Flächen aussuchen, auf denen die Vegetationsperiode möglichst lange andauert. Meist werden die Felder an Hängen angelegt, von denen die kalte Luft abfließen kann. Jede Eisenbahnkarte Rußlands zeigt die dünne Besiedelung des Nordens. Noch deutlicher wird diese in Sibirien, wo in den Gouvernements Tomsk und Jenisseisk nur je ein Winterweg längs des Ob und des Jenissei nach Norden führt, während im Sommer die Flüsse selbst als Verkehrswege dienen. In Sibirien reicht der Norden in dem oben definierten Sinne an einer Stelle bis zum 51. Breitengrad südwärts. Die noch sehr entwicklungsfähige Rentierwirtschaft ist im Norden der Neuen Welt bisher nicht ausgenutzt. Sie ist in der Tundra allgemein verbreitet, kommt aber auch in der Nadelwaldzone (Taiga) Sibiriens und sogar noch in dem mongolischen Altai vor. Die Lappen sind das am höchsten stehende, die Samoeden das tiefststehende Volk unter den Rentierzüchtern.

Fischerei wird an den großen, ins Eismeer mündenden Strömen stellenweise bis über den 70. Breitengrad hinaus getrieben, aber sie steht in Sibirien noch auf einem recht primitiven Standpunkt und spielt vorläufig keine Rolle in der Weltwirtschaft, wozu eine stärkere Besiedelung des Nordens notwendig wäre.

Die Japaner nützen die Küstengewässer des asiatischen Nordens aus, wo sie sich mit den Amerikanern begegnen. In Europa ist die Seefischerei am intensivsten bei den Lofot-Inseln an der norwegischen Küste, wo sich zur Fangzeit über 30 000 Fischer versammeln.

Nordrußland hat eine starke Einfuhr von Fischen aus Norwegen, trotzdem es bei rationellem Betrieb den Bedarf selbst decken könnte. Aber auf der Halbinsel Kola kommt nur 1 Mensch auf 10 qkm, und der Fischfang an der Murmanküste wird fremden Nationen überlassen. Die englischen Schleppnetzfisher fingen dort 1909 nicht weniger als 20 000, 1911 sogar 28 000 Tonnen Fische. Dieses Interesse Englands hat während des Krieges auch zur Besetzung Kolas durch die Entente geführt. Wahrscheinlich ist auch der Erreichung des Nordens auf die britische Begehrlichkeit nicht ohne Einfluß gewesen. Die Erzberge im schwedischen Lappland, mit Kiruna-vaara an der Spitze, enthalten einen Vorrat von 750 Millionen Tonnen Eisen, so daß dort große Siedlungen entstanden sind. Dazu kommt der große Reichtum an Wasserkraften, die im nördlichen Norbotten zu 2½, im nördlichen Finnland zu 1½ Millionen Turbinenpferdestärken geschätzt wurden. Während die Erze früher nur von Luleå am Nordende des Bottnischen Meerbusens aus verschickt wurden, können sie jetzt mit der durch die Wasserkraft ermöglichten elektrischen Ofenbahn direkt auch nach Narvik an die atlantische Küste gebracht werden. Diese Bahn hat einen gewaltigen Umschwung in dem gesamten Wirtschaftsleben und den Besiedelungsverhältnissen des Nordens zur Folge gehabt. Insbesondere haben die hohen Industrielöhne viele kleine Ansiedelungen zum Verschwinden gebracht.

Von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist die Ausnutzung der Wälder in Nordschweden und der großen Moorflächen, die 40 % der Fläche von Finnisch-Lappland ausmachen. Leider fehlt diesem ganzen einheitlichen Wirtschaftsgebiet die Kohle. Deshalb ist der Abbau der Kohlenlager in der Adventbai auf Spitzbergen von immer steigender Bedeutung geworden. Vermutlich wird daher auch bald über die Frage der staatlichen Zugehörigkeit Spitzbergens entschieden werden. Schließlich erörterte der Vortragende noch das Problem des Seewegs nach Sibirien, der zwei Monate lang möglich ist. Der Weg durch das Karische Meer ist 2 Monate lang offen, westlich der Karischen Pforte bleibt das Meer sogar vier Monate lang eisfrei, und eine Eisenbahn nach der Küste des Ob-Busens würde daher manche Vorteile bieten. Die Doppelinsel Nowaja-Semlja, auf der sich Kupfererze finden, könnte eine ähnliche Stellung zu Kola gewinnen wie Spitzbergen zu Norwegen.

* * *

In der Fachsitzung am 16. Dezember schilderte Dr. A. Hintze (Berlin) seine Reiseerfahrungen über **das Klima von Mesopotamien in seiner Einwirkung auf den Menschen**, wobei er sich im wesentlichen auf das Sommerklima von Bagdad beschränkte, das zu den heißesten der Erde gehört. In der Stadt selbst ist es unmöglich, das Thermometer gegen die Wärme-Einstrahlung zu schützen, die von den Gebäuden und dem Boden so stark reflektiert wird, daß das Schwarzkugelthermometer, welches in Kopfhöhe 65° zeigt, dicht über dem Straßenpflaster bis 82° steigen kann. Die Wassertemperatur des Tigris, die im Januar nur 11,5° beträgt, erhebt sich im Juli auf 28°. Starke Windstöße, welche die Stadt oft völlig in Staubwolken hüllen, erhöhen gelegentlich die Temperatur um mehrere Grade. Bewölkung ist im Sommer fast nie vorhanden, und infolgedessen fehlen auch Regen und Gewitter. Von Mai bis September fällt auch nachts kein Tau, was insofern angenehm ist, als es das Schlafen auf den Dächern ermöglicht. Die hohe

Temperatur ruft beim Menschen Wärmestauungen hervor, die oft Hitzschläge zur Folge haben. Viel seltener ist der durch direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen auf das Gehirn verursachte Sonnenstich. Der Wärmestauung wird vom Organismus durch starke Absonderungen der Schweißdrüsen entgegengearbeitet, was eine Entwärmung des Körpers durch die ihm beim Verdunsten des Schweißes entzogene Wärme (Verdunstungskälte) ermöglicht. Starke Flüssigkeitsaufnahme, die beim Europäer 1,8 bis 3,0 Liter täglich beträgt, begünstigt diesen Vorgang. Der Blutkreislauf wird jedoch durch die Verarbeitung der großen Flüssigkeitsmenge überlastet und das Herz überanstrengt. Am empfehlenswertesten als Getränk ist kalter Tee, da nur abgekochtes Wasser genossen werden darf. Die Wohnhäuser sind die reinen Wärmespeicher, und ein Schlafen in geschlossenen Räumen während des Sommers so gut wie ausgeschlossen. O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 17. Dezember 1918 sprach zunächst Professor Dr. Schubert über die mittlere Luftbewegung über Lindenberg und die **Ekmansche Strömungstheorie**. Er ging aus von der Verbesserung, welche Ekman in der Zöppritschen Theorie von der Entstehung der Meeresströmungen durch die Berücksichtigung der Erdrotation im Verein mit den Reibungswiderständen einführte. Ekman hat seine Reibungstheorie auch auf atmosphärische Strömungen ausgedehnt, und hiervon haben u. a. Hesselberg und Sverdrup in ihrer Arbeit über die Reibung der Atmosphäre Gebrauch gemacht. Dabei ist auch die Reibungskraft der Atmosphäre über Lindenberg untersucht. Gegen diese Darstellung hat kürzlich Ryd einige Einwendungen erhoben und u. a. betont, es sei die Annahme, daß die Beschleunigung der Geschwindigkeitskomponenten gleich Null gesetzt werden könne, nicht zutreffend. Der Vortragende hat deshalb die vertikale Zunahme der Windbewegung über Lindenberg noch einmal nach dem Ekmanschen Verfahren untersucht. Ehe er jedoch seine Ergebnisse mitteilte, gab er für die ablenkende Kraft der Erdrotation eine neue elementare Darstellung, welche an die relative Bewegung bei der scheinbaren Drehung des Himmelsgewölbes anknüpft, und welche sowohl für süd-nördliche wie west-östliche Bewegungen gültig ist. Er zeigte ferner, wie sich die Geschwindigkeit auf dem Trägheitskreise ändert, und wie man bei Unterschieden zwischen der wirklichen Geschwindigkeit und der Gradientengeschwindigkeit zu Vektoren mit abklingenden Schwingungen gelangt. Durch Zerlegung der Beobachtungen in Gradientwind und Reibungswind fand Sverdrup für Lindenberg ein von der Windstärke unabhängiges Verhältnis zwischen Windgeschwindigkeit und Gradientkraft. In Magdeburg beträgt dagegen nach Schubert der Reibungswind bei gewöhnlichen Winden 37 %, bei Stürmen 60 % des reibungslosen Windes. Der Vortragende untersuchte ferner die Winde über Lindenberg, indem er an den in jeder Höhenstufe häufigsten Winden die mittlere Geschwindigkeit anbrachte und diese Werte als rotierende Vektoren im Sinne von Ekman darstellte. Dabei zeigte sich, daß zwischen 1½ und 3 km Höhe vorwiegend reibungslose Winde wehen, und daß sich hier der Gradient linear mit der Höhe ändert, daß aber von 1½ km ab nach unten der Gradient nicht geradlinig abzunehmen scheint. Es ist sonach der

Einwand von Ryd, daß man die Beschleunigung der Windkomponenten berücksichtigen müsse, vielleicht berechtigt; allerdings wird es sich nur um geringe Korrekturen handeln.

Den zweiten Vortrag des Abends hielt Geheimrat Dr. Hergesell über die **mittlere Verteilung des Wasserdampfes in der Atmosphäre**. Bei der Prüfung der Emdenschen Strahlungstheorie kam der Vortragende zu der Überzeugung, daß die aus Gebirgsbeobachtungen abgeleitete Haunssche Formel, wonach das Verhältnis des Dampfdruckes zweier Höhenstufen proportional der dritten Potenz des Verhältnisses der entsprechenden Luftmassen ist, für die freie Atmosphäre nicht zutrifft. Auch die für diese Zwecke durch Siring abgeänderte Formel gibt noch eine zu langsame Abnahme mit der Höhe. Es wurde daher eine neue Ableitung auf Grund der Lindenberger Aufstiege versucht. Dafür standen Aufzeichnungen bis 12 km Höhe zur Verfügung; das Material bis zu 4 km auf alle Tagesstunden verteilt ist, so stellt die neue Formel wirkliche Tagesmittel dar. Bei der Ableitung knüpfte Herr Hergesell an die von Thiesen gegebene Beziehung zwischen Maximalspannkraft E und Temperatur an. Entsprechend der Thiesenschen Formel: $\log E/4,581 = 8,628 t/T$ gilt für die relative Feuchtigkeit r : $\log r/\alpha = 8 t/T$. Nach Bestimmung der Konstanten α und γ durch die Methode der kleinsten Quadrate ergab sich für den Dampfdruck ($f = rE$) schließlich die Formel:

$$f = 3,119 e^{23,563 t/T}$$

Bis 4 km Höhe sind die Differenzen: Rechnung weniger Beobachtung durchweg kleiner als 0,1 mm. Auch für die Ballonaufstiege in den Tropen stimmt die Formel sehr gut. Für den Gebrauch ist die Bezugnahme der Feuchtigkeit auf die Temperatur außerordentlich bequem. Kennt man die mittlere Temperatur jeder Höhenstufe, so erhält man die Abhängigkeit des Dampfdruckes von der Höhe z. Dann lautet die Hergesellsche Formel:

$$f = 7,046 \cdot 10^{-\frac{z}{6}} \left(1 + \frac{z}{6}\right),$$

während Siring abgeleitet hat:

$$f = f_0 \cdot 10^{-\frac{z}{6}} \left(1 + \frac{z}{20}\right).$$

Sü.

Deutsche ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 4. November 1918 legte Dr. Heinroth die Luftröhre von der Spaltfußgans vor und wies auf deren eigentümliche Lage zwischen der Haut und der Brustmuskulatur hin. Trotz der langen Luftröhre vermag die Spaltfußgans nur schwache, trompetenartige Töne hervorzubringen. Ferner zeigte Dr. Heinroth den Balg eines Bastards der Peposaca- und Kolbengente. Der betreffende Vogel, ein Erpel, lebte mehrere Jahre im Berliner Zoologischen Garten. Im Sommer legte er regelmäßig ein dem Kolbenerpel ähnliches Sommerkleid an. Peposaca-Erpel tragen während des ganzen Jahres ihr Prachtkleid, Kolbenerpel dagegen nehmen im Sommer das unscheinbare Sommerkleid an. Bei dem Bastard hat sich also die letztgenannte Eigenschaft, die offenbar die dominierende ist, vererbt.

Geheimrat Dr. Reichenow hielt hierauf einen längeren Vortrag über die Verbreitung der Vögel über die Erde. Nach seiner Auffassung lassen sich folgende 10 Tiergebiete abgrenzen: Nordpolargebiet, Südpolargebiet, Neuseeland, Madagaskar, Nordamerika, Südamerika, europäisch-sibirisches Gebiet, Afrika, Indien und Australien. Im ganzen sind bis heute 20 000

Vogelarten bekannt, die in 120 Familien mit insgesamt 151 Gattungen vereinigt werden. Die größte Familie mit 2000 Arten bilden die Sylvien, und die größte Gattung mit 180 Arten ist das Geschlecht *Turdus*. Das Südpolargebiet mit nur 50 Arten ist das ärmste, das südamerikanische Gebiet mit 5000 Arten das reichste. Unter Vorlegung eines großen Balgmaterials aus der Sammlung des Berliner Museums besprach der Vortragende die Charaktervögel der einzelnen Gebiete.

In der Sitzung am 2. Dezember 1918 schilderte Dr. *Reichling* den in Westfalen zum Fang von Drosseln gebräuchlichen Vogelherd und zeigte eine große Anzahl photographischer Aufnahmen von Vögeln in der Freiheit, die den Nestbau, das Brutgeschäft und die Aufzucht der Jungen sehr schön zur Darstellung bringen. — Herr *Spatts* sprach über seine Reise im Jahre 1914 in die algerische Wüste, die von Algier durch das Land der Tuareg bis Ideles ging. Auf seiner Rückkehr wurde Herr *Spatts* in Algier vom Ausbruch des Weltkrieges überrascht. Er geriet in französische Gefangenschaft, in der er 4 Jahre zum Teil unter furchtbaren Leiden und Entbehrungen aushalten mußte, und die reichhaltige zoologische Ausbeute seiner Reise fiel der Vernichtung anheim.

F. v. Lucanus.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über die Gabelbildungen und die Eissprosse des Edelhirschgeweihs. [*K. Toldt* jun., Verhandl. d. k. k. zoolog.-botan. Ges. Wien, 1918, S. 68—95.] Zur Beurteilung des morphologischen Aufbaues des Edelhirschgeweihs erscheint es zweckmäßig, jede Verzweigung — sei sie an der Basis der Geweißstange, am Ende oder dazwischen gelegen — ihrer Form nach als eine eigentliche Gabelbildung zu betrachten und nicht, wie es bisher meistens geschah, den Stamm und die Sprossen für sich. Indem man dabei jede Verzweigung von der Gabelachse (nicht von der Stammachse) aus betrachtet, ergibt sich, daß der vielbesprochene „Knick“ an der der Abgangsstelle einer jeden Sprosse entgegengesetzten Seite des Stammes und die nach vorne konkave „kompensatorische Krümmung“ der einzelnen zwischen zwei Gabeln gelegenen Stammstücke an der Sprosse in der Sprossenkehle und der Sprossenkrümmung ihr Gegenstück besitzen. Der Unterschied zwischen dem Knick und der Sprossenkehle sind hauptsächlich durch die Stammkrümmung hervorgerufen, da die Sprossenkehlenseite des Stammes im gleichen Sinne wie die Sprossenkehlenseite gekrümmt ist (konkav), die Stammseite im Bereiche des Knicks aber entgegengesetzt (konvex) zu diesem verläuft. Die Unterschiede zwischen den beiden Gabelästen, bzw. die Asymmetrien der Gabel, werden hauptsächlich durch die größere Stärke des Stammteiles, der zudem häufig durch den weiter differenzierten apikalen Stangenteil belastet ist, bedingt. Sie werden aber bei Vergleich der verschiedenen Gabelbildungen des einzelnen Geweihs sowie mit solchen verschiedener Geweihbildungsstufen einigermaßen verwischt. Dabei lassen sich die verschiedenen Formen der einzelnen Gabeln (z. B. der Mittel- und Endgabel) meistens leicht

von einander ableiten und werden im einzelnen verständlicher.

Von solchen Gesichtspunkten aus erscheint auch die in vieler Hinsicht eigenartige Eissprosse nicht, wie eine kürzlich aufgestellte Theorie besagt, als eine auf eine besondere (sekundäre) Geweihanlage zurückzuführende Differenzierung, sondern kann mit dem dazugehörigen Stammstück als eine Gabelbildung aufgefaßt werden, die, nebst anderen gelegentlichen Sprossenbildungen im basalen Stammteil, als Gegenstück zur Apikalkrone eine Art Kronenbildung an der Basis des Geweihs darstellt, zumal sie ungefähr auf der gleichen Geweihbildungsstufe wie jene in Erscheinung tritt. Zu einer stärkeren Entfaltung der Basalkrone kommt es infolge der Mächtigkeit des Stammes und wegen der apikal folgenden Stangenbildungen nicht.

Autoreferat.

Rassenhygiene in Ungarn. Das Magyarenvolk, das Ungarn bewohnt und seit tausend Jahren sich unverändert kraftvoll erhält, verdankt hauptsächlich seine Lebensfähigkeit seinem ausgesprochenen Sinn für die Rasse. Daher sind auch die modernen rassehygienischen Forderungen in Ungarn auf fruchtbaren Boden gefallen und staatlich anerkannt. Vieles ist bereits geschehen, manches noch am Werk. Noch vor dem Engländer *Galton*, der als der Begründer der Eugenik gilt, hat der Ungar *Emerich v. Madách* (1823—1864) auf den Zukunftsstaat, in welchem die Fortpflanzung nach wissenschaftlichen Grundlagen geregelt werden soll, hingewiesen. Heute sind eine ganze Reihe ungarischer Gelehrter in der gleichen Richtung tätig, wie *Apathy*, *Barsony*, *Zoltan*, *Vámos* usw., an ihrer Spitze *Karl von Balás*. 1913 gründete *G. v. Hoffmann* einen Ausschuß für Rassenhygiene, wurde aber durch den Krieg in seiner Tätigkeit unterbrochen. Erst 1917 entstand aus diesen Anfängen eine Ungarische Gesellschaft für Rassenhygiene und Bevölkerungspolitik, unter Berücksichtigung der besonderen ungarischen Verhältnisse. Der Zweck der Gesellschaft ist in erster Linie die wissenschaftliche Erforschung der Schäden, die das ungarische Volk bedrohen (Geburtenrückgang), Abhilfe und Hebung der Volkszahl und -güte, Unterstützung der Bestrebungen zur Rassenrehabilitation. *G. v. Hoffmann* hat jetzt das Programm der Vereinigung im *Archiv für Rassen- und Gesellschaftsbiologie* (1918, Bd. 13, H. 1) mitgeteilt. Die Behörden, auch die Geistlichkeit, stehen der Bewegung sympathisch gegenüber; es werden in verschiedenen Städten schon Lehrgänge für Rassenhygiene und Bevölkerungspolitik durch die Gesellschaft im Auftrage des ungarischen Landeskriegsfürsorgeamtes abgehalten und außerdem unter Leitung von Graf *Paul Teleki* folgendes unternommen: Propagandaarbeit durch geschulte Beamte, Aufklärung der Kriegsbeschädigten, Herausgabe von Tafeln mit Merksprüchen für alle Anstalten, volkstümliche Vorträge über Rassenhygiene, Verteilung von Merkblättern, Verbreitung rassehygienischer Grundsätze bei der Berufsberatung. Daß die Gesellschaft eine Junggesellensteuer befürwortet und wärmstens für das Frauenwahlrecht sich einsetzt, sei noch erwähnt. Jetzt bereitet sie eine Kriegsfürsorgeausstellung mit einer eigenen Abteilung für Rassenhygiene vor.

St. O.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 5.

31. Januar 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Der innere Aufbau der Sterne. Von *Dr. Arnold Kohlschütter, Potsdam*. S. 65.

Über Hamstern im Tierreich. Von *Prof. Dr. C. Zimmer, München*. S. 70.

Besprechungen:

Pascher, A., Flagellaten und Rhizopoden in ihren gegenseitigen Beziehungen. Von *Erwin Hirsch, z. Zt. Unterlüss*. S. 74.

Wenger, Robert, Die Vorherbestimmung des Wetters. Von *R. Süring, Potsdam*. S. 75.

Zoologische Mitteilungen:

Der Wisent und Buffalo in modernen Tiergärten. Zur Biologie von *Subcoccinella 24 punctata* L. Über eine Staphylinidenart aus den mährischen Höhlen. Über die Funktion der Schwingkölbchen (Halteren) der Zweiflügler. Über die Bedeutung des Kalkes für Mensch und Säugetier. Be-

obachtungen über das Familienleben der Feldmäuse. S. 75—78.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Eine neue gemeinnützige Stiftung in Zürich für wissenschaftliche Zwecke. Vergleichende Versuche über die Wirkung verschiedener Obsterhaltungsmittel. Zur Kenntnis der Bunsenflamme im Unterdruck. Über die Beziehungen zwischen Steinkohle und Erdöl. Druckhaftigkeit und Bodenbeweglichkeit der Tongesteine. Wesen und Ursprung von Petroleum und Asphalt. Rhythmische Diffusionsstrukturen in Gelatine-Salz-Gallerten. Über Schimmelbildungen, die Veränderungen im Papier hervorrufen. Über einige Versuche der Brotbereitung, mit Rücksicht auf die Fortdauer des Krieges. Einfluß der radioaktiven Substanzen auf die Permeabilität der Niere für Glukose. S. 78—80.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheißwerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Fütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 88, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 38.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petizelle angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 60 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—58. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Großes Herbarium,

enthaltend sämtliche Gewächse von Deutschland und Umgebung, aus einem Nachlaß preiswert zu verkaufen.

Interessenten wollen Angebote unter **Nw. 146** an die Expedition dieser Zeitschrift senden. (146)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Physiologische Anleitung zu einer zweckmäßigen Ernährung

Von Dr. Paul Jensen,

Professor der Physiologie und Direktor des physiologischen Instituts der Universität Göttingen

Mit 9 Textfiguren — Preis M. 2.80

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Altes und Neues aus der Unterhaltungsmathematik

Dr. W. Ahrens
in Rostock

Mit 51 Textfiguren

Preis M. 5.60

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

* Die Iterationen

Ein Beitrag zur Wahrscheinlichkeitstheorie

Von

Dr. L. v. Bortkiewicz

a. o. Professor an der Universität Berlin

1917 — Preis M. 10.—

* Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie

Von

Erwin Freundlich

Mit einem Vorwort von Albert Einstein

Zweite, erweiterte und verbesserte Auflage

1917 — Preis M. 3.60

*Hierzu Teuerungszuschlag

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

31. Januar 1919.

Heft 5.

Der innere Aufbau der Sterne.

Bericht über die Arbeiten von A. S. Eddington betreffend das Strahlungsgleichgewicht¹⁾.

Von Dr. Arnold Kohlschütter, Potsdam.

1. Die älteren Theorien.

Die älteren Theorien über den inneren Aufbau der Sterne haben sich wenig Zutrauen erringen können. Man betrachtete diese Theorien als schöne, in sich geschlossene, theoretische Bauwerke. Galt es jedoch die Frage, wie weit diese errechneten Modelle nun auch die tatsächlichen Verhältnisse im Innern eines Sternes darstellen würden, so konnten sehr wohl bedenkliche Zweifel geltend gemacht werden. Die Grundlagen dieser Theorien schienen zu willkürlich.

Was waren diese Grundlagen? Der Zustand eines Gases — die Materie im Innern von selbstleuchtenden Sternen kann wegen der hohen Temperatur trotz großen Druckes als gasförmig angesehen werden — ist durch die drei Zustandsgrößen Druck, Temperatur und Dichte bestimmt, und die Aufgabe der Theorie liegt darin, für jeden Punkt im Innern des Sternes diese drei Zustandsgrößen zu bestimmen. In bezug auf die geometrische Gestalt des Sternes kann man zunächst eine Vereinfachung des Problems herbeiführen. Die einzige Gleichgewichtsform einer ruhenden Gasmasse, auf welche keine Kräfte von außen einwirken, ist die Kugel, daher muß in dem einfachen Fall eines alleinstehenden, nicht rotierenden Sternes seine Gestalt kugelförmig sein, die Flächen konstanten Druckes, konstanter Temperatur und konstanter Dichte sind konzentrische Kugelflächen, und die Aufgabe des Problems besteht darin, den Verlauf der Zustandsgrößen als Funktion des Kugelradius darzustellen.

Da wir drei unabhängige Zustandsgrößen haben, nämlich Druck, Temperatur und Dichte, erfordert jede Theorie als Grundlage drei unabhängige Gesetze, deren jedes eine Beziehung zwischen den Zustandsgrößen geben muß. Als erstes dieser Gesetze haben alle Theorien gemeinsam das Gesetz des mechanischen Gleichgewichtes. Auf einem jeden Massenelement im Innern des Sternes lastet infolge der allgemeinen Schwereanziehung das Gewicht der darüber liegenden Gasmassen. Auf das Massenelement wird daher von außen her

ein bestimmter Druck, der Gravitationsdruck der darüber liegenden Massen, ausgeübt, und das Gesetz des mechanischen Gleichgewichtes fordert, daß der innere Gasdruck in dem Massenelement gerade diesem von außen wirkenden Gravitationsdruck das Gleichgewicht hält.

Das zweite der Gesetze, welches auch alle Theorien in gleicher Weise benötigen, ist eine Zustandsgleichung der Materie bzw. der Gase, d. h. eine Gleichung, welche eine physikalisch allgemein gültige Beziehung zwischen den drei Zustandsgrößen Druck, Temperatur und Dichte darstellt. Man hat für die Anwendung auf Sterne bisher fast ausschließlich die Zustandsgleichung der idealen Gase zugrunde gelegt, welche ausdrückt, daß der Druck eines Gases proportional seiner Temperatur und proportional seiner Dichte ist. Diese Zustandsgleichung stellt das Verhalten der wirklichen Gase nur genähert dar, und schon in dem Bereich von Druck und Temperatur, innerhalb dessen wir im Laboratorium Versuche anstellen und Messungen ausführen können, zeigen sich große Abweichungen. Am besten ist das Verhalten wirklicher Gase durch die Zustandsgleichung der idealen Gase dargestellt, solange die Dichte der Gase klein bleibt, die Abweichungen werden um so größer, je größer die Dichte des Gases wird. Das Maßgebende scheint also die Dichte zu sein, nicht etwa Druck oder Temperatur, und es ist wahrscheinlich, daß selbst bei gewaltig hohen Drucken, wie wir sie in Sternen vermuten müssen, ein wirkliches Gas dem idealen Gasgesetz gehorcht, wenn nur auch die Temperatur dementsprechend so hoch ist, daß die resultierende Dichte des Gases klein bleibt.

Van der Waals hat auf Grund von theoretischen Überlegungen über den molekularen Aufbau der Materie die Zustandsgleichung der idealen Gase durch Hinzufügen zweier weiterer Konstanten erweitert und so die unter seinem Namen bekannte allgemeine Zustandsgleichung aufgestellt, die nicht nur das Verhalten der Gase für alle irdisch im Laboratorium realisierbaren Zustände darstellt, sondern auch über die kritischen Punkte hinaus den flüssigen und festen Zustand der Materie beherrscht. Daß man bei den älteren Theorien über den inneren Aufbau der Sterne nicht diese van der Waalssche Zustandsgleichung, sondern die Gleichung der idealen Gase zugrunde legte, hat seinen Grund darin, daß das an sich komplizierte Problem durch die komplizierte van der Waalssche Gleichung noch schwieriger geworden wäre, und daß ferner die Konstanten der van der Waalsschen Gleichung gar nicht oder

¹⁾ A. S. Eddington, On the Radiative Equilibrium of the Stars. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 77, S. 16 und S. 596, November 1916 und Juni 1917.

Ferner: A. S. Eddington, The Interior of a Star, Scientia Vol. XXIII, Januar 1918.

nur sehr unsicher bestimmbar sind. Man muß also darauf Acht halten, daß die Anwendung der Zustandsgleichung der idealen Gase sehr wohl für Sterne zulässig ist, wenn die Dichte auch im innersten Kern des Sternes gering ist, daß sie dagegen unzulässig ist für Sterne größerer Dichte.

Nun das dritte Gesetz. Da finden wir bei den älteren Theorien eine große Mannigfaltigkeit, und das geringe Zutrauen, das diese Theorien gefunden haben, ist in der Willkür begründet, die in der Wahl dieses dritten Gesetzes herrschte. Man war gezwungen, irgend eine Annahme über den Gleichgewichtszustand innerhalb des Sternes zu machen. So hat man z. B. angenommen, daß die Dichte innerhalb des Sternes konstant sei, und den Aufbau eines Sternes konstanter Dichte untersucht. Eine andere Annahme ist die, daß die Temperatur innerhalb des Sternes konstant gesetzt wird, sie liefert den isothermen Gleichgewichtszustand eines Sternes. Eine dritte Annahme, die wohl am häufigsten benutzt worden ist, und der auch ein physikalischer Sinn zugrunde liegt, ist die des adiabatischen Gleichgewichtes, auch Konvektionsgleichgewicht genannt. Die physikalische Bedeutung des adiabatischen Gleichgewichtszustandes besteht darin, daß eine durch Konvektionsströme sehr stark durcheinandergemischte Gasmasse diesen Zustand annehmen muß, oder anders ausgedrückt: eine Gaskugel befindet sich im adiabatischen Gleichgewicht, wenn die Zustände der längs eines Radius aufeinanderfolgenden Gaselemente genau dieselben sind, die ein bestimmtes Gaselement annehmen würde, wenn es längs des Radius transportiert würde. Zweifellos hat die Anwendung dieses Gleichgewichtszustandes auf Sterne Berechtigung, weil wir an der Sonnenoberfläche Erscheinungen beobachten, die auf starke Konvektionsströme zum mindesten in den obersten Schichten der Sonne schließen lassen. Ob allerdings diese Konvektionsströme sehr tief in das Sonneninnere hineinreichen, ist zweifelhaft.

2. Das Strahlungsgleichgewicht.

Diese Willkür, die über die Annahme des dritten Gesetzes bei den älteren Theorien herrschte, ist jetzt behoben, indem es gelungen ist, ein notwendigerweise wirksames, physikalisch begründetes Prinzip dafür einzusetzen. Es kann keinem Zweifel mehr unterliegen, daß für das Innere von selbstleuchtenden Sternen eine Bedingung maßgebend sein muß, die *Schwarzschild* als das Strahlungsgleichgewicht eingeführt hat. Schon 1894 hat *Sampson* darauf hingewiesen, daß bei dem Energieaustausch im Innern von Sternen die Energieübertragung durch Strahlung eine ausschlaggebende Rolle spielen muß. Im Jahre 1906 hat *Schwarzschild* die Theorie des Strahlungsgleichgewichtes aufgestellt, indem er das Problem folgendermaßen formulierte: Aus dem Innern eines Sternes strömt aus unbekannten Quellen ein mächtiger Energiestrom. Die einzelnen Schichten, die dieser Energiestrom durchstrahlt, werden erstens als absorbierend und zweitens infolge ihrer

Temperatur als ausstrahlend angenommen. Wie muß die Temperatur der einzelnen aufeinanderfolgenden Schichten sein, damit der Energiestrom stationär befördert wird, d. h. ohne daß eine Temperaturänderung der durchstrahlten Schichten eintritt?

Schwarzschild hat die Theorie des Strahlungsgleichgewichtes nur auf die äußersten Oberflächenschichten der Sonne angewendet. Die Erweiterung der Theorie auf das Innere von Sternen sowie die praktische Anwendung auf beliebige Sterne erfolgte im Jahre 1916 durch *A. S. Eddington* in zwei Arbeiten, über deren Hauptergebnisse im folgenden berichtet werden soll. *Eddington* beginnt zunächst, den Aufbau eines Sternes auf folgenden Grundlagen zu untersuchen: Als erstes der drei nötigen Gesetze dient ihm die oben angeführte mechanische Gleichgewichtsbedingung. Als zweites Gesetz wählt er die Zustandsgleichung der idealen Gase. Er begrenzt dadurch die Anwendungsmöglichkeit auf Sterne geringer Dichte. Das Beispiel, welches er diesen ersten Rechnungen zugrunde legt, kann deswegen nicht unsere Sonne oder ein ähnlicher Stern von großer Dichte sein, sondern er wählt vielmehr einen Stern, dessen Masse und dessen effektive Temperatur wohl nahe gleich der Masse und effektiven Temperatur unserer Sonne ist, dessen mittlere Dichte aber etwa 1000-mal kleiner als die Sonnendichte ist. Daß derartige Sterne zahlreich vorkommen, wird durch verschiedene astronomische Erfahrungen bestätigt. Als drittes Gesetz wird das Strahlungsgleichgewicht zugrunde gelegt, gefaßt in die Form: Der Energiestrom im Innern eines Sternes ist proportional dem Gradienten der Energiedichte und umgekehrt proportional der Undurchlässigkeit des Mediums.

Es schien zunächst alles gut zu gehen und eine brauchbare Theorie über den inneren Aufbau der Sterne geschaffen zu sein. Jedoch, nachdem auf diesen Grundlagen ein Stern der eben angegebenen Beschaffenheit aufgebaut ist, stellt sich heraus, daß die Theorie zu widersinnigen Unmöglichkeiten führt. So ergibt sich für den Wert der Absorptionskonstante, die naturgemäß im Strahlungsgleichgewicht von großer Bedeutung ist, ein unmöglich hoher Wert, der besagen würde, daß die Strahlung beim Durchgang durch Gas oder Materie von der Dichte unserer atmosphärischen Luft schon nach einer Wegstrecke von 0,001 cm fast völlig absorbiert sein würde. Auch folgt für die im Stern eingeschlossene Gesamtenergie ein ganz unwahrscheinlich hoher Wert.

3. Der Strahlungsdruck.

Irgend etwas mußte also an der Theorie noch falsch sein. Da ist es *Eddingtons* Verdienst, erkannt zu haben, daß die Vernachlässigung des Strahlungsdruckes die Schuld trägt, und daß die Hinzufügung des Strahlungsdruckes die Unstimmigkeiten behebt. Man muß es nicht so auffassen,

als ob, weil die Theorie so nicht stimmen will, als neue Hypothese der Strahlungsdruck eingeführt wird, sondern die Hinzufügung des Strahlungsdruckes wird deswegen nötig, weil die bisherige Theorie einen Zustand im Innern des Sternes fordert, bei welchem der Strahlungsdruck eine bedeutende Rolle spielt. Denn die Bedeutung des Strahlungsdruckes hängt offenbar vom Wert der Absorptionskonstante ab; ist sie klein, so ist der Strahlungsdruck klein; ist sie groß, so wird der Strahlungsdruck groß. Da sich nun nach der bisherigen Theorie gerade die Absorptionskonstante als ungeheuer groß ergeben hat, folgt, daß die Vernachlässigung des Strahlungsdruckes unzulässig war.

Der Strahlungsdruck ist eine physikalische Erscheinung, an deren Existenz nicht mehr zu zweifeln ist. Ein Energiestrom transportiert eine gewisse Energie und besitzt deswegen ein Moment proportional seiner Intensität. Durchstrahlt der Strom eine Schicht, in welcher Energie absorbiert oder zerstreut wird, so ist der austretende Energiestrom um den Betrag der absorbierten oder zerstreuten Energie geschwächt, sein Moment ist geringer, und der Verlust an Moment stellt den Strahlungsdruck dar, welcher von dem Strom auf die absorbierende Schicht ausgeübt wird. Findet die Absorption oder Streuung an kleinen festen Partikelchen statt, so läuft die Berechnung des Strahlungsdruckes auf die Berechnung der Absorption und Streuung an diesen Partikelchen hinaus. Bei der Absorption in Atomen oder Molekülen ist der Vorgang kompliziert, weil dabei offenbar ein innerer Mechanismus ausgelöst wird, aber die einfache Beziehung zwischen Strahlungsdruck und Absorption bleibt auch hier bestehen, da sie nur allgemein die Erhaltung des Momentes darstellt. Experimentell ist der Strahlungsdruck von *Lebedew* und anderen mit Hilfe von leichten Spiegeln in verdünnter Luft in dem von der Theorie geforderten Betrage nachgewiesen worden.

4. Das Strahlungsgleichgewicht mit Berücksichtigung des Strahlungsdruckes.

Wir wollen weiter dem Gedankengang *Eddingtons* folgen, den er bei dem Aufbau der Sterne nach dem Strahlungsgleichgewicht, nunmehr mit Berücksichtigung des Strahlungsdruckes, geht. Das Gesetz des mechanischen Gleichgewichtes lautet jetzt: Der innere Druck auf ein Massenelement muß gemeinsam mit dem Strahlungsdruck, welchen der von innen nach außen fließende Energiestrom auf das Massenelement ausübt, dem Gravitationsgewicht der darüber lagernden Massen das Gleichgewicht halten. Als zweites Gesetz wird die Bedingung des Strahlungsgleichgewichtes wie früher formuliert. Diese beiden Gesetze, deren jedes eine Differentialbeziehung zwischen den Zustandsgrößen Druck, Dichte, Temperatur und dem Radius liefert, werden vereint, und durch Elimination des Radius wird eine allge-

meine Differentialbeziehung zwischen den Zustandsgrößen im Innern des Sternes erhalten¹⁾.

Die Lösung dieser Differentialgleichung gelingt jedoch nur unter zwei beschränkenden Annahmen. Erstens muß der Massenabsorptionskoeffizient k entweder innerhalb des Sternes überhaupt als konstant angenommen werden, oder es muß wenigstens ein geeignet definierter konstanter Wert k_0 an Stelle von k eingeführt werden, welcher die durchschnittliche Absorption vom Mittelpunkt bis zum Rande repräsentiert. Die zweite Annahme bezieht sich auf die Energiequellen, die wir im Innern des Sternes voraussetzen müssen. Die Sterne können nämlich bei dem Studium ihres inneren Aufbaues als stationär betrachtet werden, denn ihre fortschreitende Entwicklung geht so langsam vor sich, daß sie bisher jeder astronomischen Beobachtung sowohl an der Sonne wie an Sternen verborgen blieb. Da nun aber von den Sternen ununterbrochen eine gewaltige Energiemenge durch Strahlung in den Weltenraum abgegeben wird, sind wir gezwungen, Energiequellen im Innern anzunehmen. Das physikalische Wesen dieser Energiequellen kann vorläufig unerörtert bleiben, man mag dabei an Energiegewinn durch Kontraktion oder an Energieerzeugung durch radioaktive Prozesse oder durch irgendwelche sonstige physikalische Vorgänge denken. Über diese Energiequellen soll die Annahme gelten, daß die in der Masseneinheit entstehende Energiemenge innerhalb des Sternes entweder überhaupt konstant sein soll, oder es soll auch für die pro Masseneinheit freiwerdende Energie wenigstens ein geeignet definierter konstanter Durchschnittswert eingeführt werden. Gegen diese beiden beschränkenden Annahmen können keine Bedenken vorliegen. Wohl wird durch sie das Bild, das wir mit ihnen von dem Verlauf der Zustandsgrößen im Innern des Sternes erhalten, ein wenig verändert werden. Jedoch interessiert es uns zurzeit nicht so sehr, genau zu erfahren, wie die Zustandsgrößen sich vom Mittelpunkt bis zur Oberfläche verhalten, sondern das Hauptinteresse richtet sich auf gewisse Integralwerte, die sich auf den gesamten Stern beziehen, und die der astronomischen Beob-

¹⁾ Bezeichnungen: ξ Abstand vom Kugelmittelpunkt, p Druck, ρ Dichte, T Temperatur, g die Schwerkraft, G die Gravitationskonstante, A die Intensität des abfließenden Energiestromes, k der Massenabsorptionskoeffizient, C die Lichtgeschwindigkeit, a die Konstante $7,24 \cdot 10^{-15}$ in dem Sinne, daß $a \cdot T^4$ die Energiedichte wird. r der Radius des Sternes, M die Masse, $\bar{\rho}$ die mittlere Dichte, T_1 die effektive Temperatur. Die Bedingung des mechanischen Gleichgewichtes mit Berücksichtigung des Strahlungsdruckes lautet:

$$dp + \frac{4}{c} \cdot A \cdot k \rho d\xi = -g \rho d\xi.$$

Die Bedingung des Strahlungsgleichgewichtes lautet:

$$d\left(\frac{a T^4}{3}\right) = -\frac{A}{C} \cdot k \rho d\xi.$$

Die Elimination von ξ aus diesen beiden Gleichungen liefert:

$$d\left(p + \frac{4}{3} a T^4\right) = \frac{a C}{3} \cdot \frac{g}{A k} d(T^4).$$

schaftung allein zugänglich sind. Auf diese Integralwerte können die beiden beschränkenden Annahmen keinen großen Einfluß ausüben¹⁾.

Mit dieser Vereinfachung läßt sich die Differentialbeziehung zwischen den Zustandsgrößen integrieren und liefert das einfache Resultat:

$$\frac{p}{T^4} = \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{4}{3}\pi\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{G}{k_0} M^{\frac{1}{3}} \cdot \bar{\varrho}^{-\frac{2}{3}} \cdot T_1^{-4} - \frac{4}{3} a,$$

worin p den Druck, T die Temperatur, G und a bekannte physikalische Konstante und k_0 den Durchschnittswert des Massenabsorptionskoeffizienten bedeutet. M , $\bar{\varrho}$, T_1 sind die drei auf den Gesamtstern sich beziehenden Integralkonstanten, nämlich seine Masse, seine mittlere Dichte und seine „effektive Temperatur“. Die „effektive Temperatur“ soll dabei als diejenige Temperatur definiert sein, die eine schwarz strahlende Kugel von der Dimension des Sternes haben müßte, um dieselbe Energiemenge wie der Stern auszustrahlen. Die Berechtigung zu einer solchen Definition einer „effektiven Temperatur“ liegt darin, daß durch Messung der Energieverteilung im Spektrum nachgewiesen worden ist, daß alle selbstleuchtenden Sterne nahezu wie schwarze Körper strahlen. Die effektive Temperatur repräsentiert nach dieser Definition den oben erwähnten Durchschnittswert der pro Masseneinheit im Innern des Sternes frei werdenden Energie.

Die obige Gleichung gibt das fundamentale Ergebnis: Der Quotient $\frac{p}{T^4}$ ist konstant, d. h. der Druck ist überall im Innern des Sternes proportional der vierten Potenz der Temperatur. Führt man diesen konstanten Proportionalitätsfaktor durch eine Größe β ein, die definiert sein soll durch die Gleichung:

$$\frac{p}{T^4} = \frac{4}{3} a \frac{\beta}{1-\beta},$$

so hat β erstens eine einfache mathematische Bedeutung und zweitens einen anschaulichen physikalischen Sinn. Die *mathematische* Bedeutung von β liegt darin, daß man die Berücksichtigung des Strahlungsdruckes in allen Gleichungen einfach dadurch erreichen kann, daß man die Gravi-

¹⁾ Es bedeuten diese Vereinfachungen, daß in der letzten Gleichung der vorigen Anmerkung erstens für k ein innerhalb des Sternes konstanter Mittelwert k_0 zu setzen ist, und daß zweitens $\frac{g}{A}$ durch den kon-

stanten Wert $\frac{g_1}{A_1}$ ersetzt werden kann, wo der Index 1 die für die Oberfläche des Sternes gültigen Werte kennzeichnet. Denn g ist proportional der innerhalb einer Kugel vom Radius ξ eingeschlossenen Masse dividiert durch ξ^2 , A ist proportional der innerhalb derselben Kugel freiwerdenden Energie ebenfalls dividiert durch ξ^2 . Nun ist $g_1 = \frac{MG}{r^2}$ und $A_1 = \frac{aC}{4} \cdot T_1^4$.

Ersetzt man noch r durch M und $\bar{\varrho}$ mit Hilfe von $M = \frac{4}{3}\pi r^3 \bar{\varrho}$, so erhält man die endgültige Differentialgleichung:

$$d\left(p + \frac{4}{3} a T^4\right) = \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{4}{3}\pi\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{G}{k_0} \cdot M^{\frac{1}{3}} \cdot \bar{\varrho}^{-\frac{2}{3}} \cdot T_1^{-4} \cdot d(T^4).$$

tationskonstante G mit β multipliziert¹⁾. Die *physikalische* Bedeutung von β liegt darin, daß $1-\beta$ das Verhältnis vom Strahlungsdruck zur Gravitation darstellt, was aus der Definitionsgleichung von β ersichtlich wird, wenn man beachtet, daß p dem inneren Druck, $\frac{4}{3} a T^4$ dem

Strahlungsdruck entspricht, und daß nach der mechanischen Gleichgewichtsbedingung die Gravitation gleich der Summe aus innerem Druck und dem Strahlungsdruck sein muß.

Die obige fundamentale Gleichung, die aus den beiden Gesetzen des mechanischen Gleichgewichtes und des Strahlungsgleichgewichtes gefolgert war, nimmt durch Einführung von β die Form an:

$$\left(\frac{4}{3}\pi\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{G}{a k_0} \cdot M^{\frac{1}{3}} \cdot \bar{\varrho}^{-\frac{2}{3}} \cdot T_1^{-4} (1-\beta) = 1. \quad (1)$$

Das dritte Gesetz, das zur völligen Beherrschung des inneren Aufbaues nötig ist, nämlich eine Zustandsgleichung, ist bisher noch gar nicht benutzt worden, es gilt also Gleichung (1) für jede beliebige Zustandsgleichung. Wir wollen jetzt eine bestimmte Zustandsgleichung wählen, und dadurch wird es möglich werden, die Größe β zu bestimmen. Als Zustandsgleichung soll uns zunächst die Gleichung der idealen Gase dienen, wodurch wir allerdings die Anwendungsmöglichkeit der Theorie beschränken. Denn nur solange ihre Dichte gering bleibt, gehorchen die wirklichen Gase der Zustandsgleichung der idealen Gase. Da nach astronomischen Erfahrungen eine große Zahl von Sternen eine sehr geringe mittlere Dichte hat, bleibt ein großes Gebiet, auf das die durch Wahl der Idealgasgleichung vereinfachte Theorie angewendet werden kann, und wir haben den großen Vorteil, daß wir ohne Hinzufügung neuer Hypothesen, die mit der Einführung einer komplizierteren Zustandsgleichung verbunden sein würden, auskommen²⁾.

Die Einführung der Zustandsgleichung der idealen Gase in unsere Theorie können wir uns bequem machen, indem wir auf die ausgedehnten Untersuchungen *Emdens* über Gaskugeln zurückgreifen³⁾. *Emden* hat den Aufbau von Gaskugeln eingehend auf folgenden Grundlagen behandelt: erstens wird die mechanische Gleichgewichtsbedingung (ohne Berücksichtigung des Strahlungsdruckes), zweitens die Zustandsglei-

¹⁾ Die Grundgleichung des mechanischen Gleichgewichtes unter Berücksichtigung des Strahlungsdruckes lautet $d\left(p + \frac{4}{3} a T^4\right) = -g \bar{\varrho} d\xi$. Führt man hierin nach obiger Definition β für $\frac{p}{T^4}$ ein, so geht die Gleichung über in $dp = -g \beta \bar{\varrho} d\xi$, während die Grundgleichung des mechanischen Gleichgewichtes ohne Berücksichtigung des Strahlungsdruckes lautet $dp = -g \bar{\varrho} d\xi$.

²⁾ Die Zustandsgleichung der idealen Gase lautet $p = \frac{R}{m} \bar{\varrho} T$, worin R die Konstante $8,30 \cdot 10^7$ ist, und m das Molekulargewicht des Gases bedeutet.

³⁾ R. Emden, Gaskugeln, Leipzig 1907.

chung der idealen Gase zugrunde gelegt, während als drittes Gesetz spezielle Annahmen über die Beziehung zwischen den Zustandsgrößen dienen. Unter den von ihm ausführlich behandelten Fällen findet sich auch der, in welchem p proportional T^4 ist; das ist aber gerade der Fall, den wir brauchen, denn diese Beziehung hat sich oben als für das Strahlungsgleichgewicht charakteristisch ergeben. Nun hat *Emden* den Strahlungsdruck nicht berücksichtigt, das können wir aber leicht nachholen, indem wir einfach, entsprechend der oben genannten mathematischen Bedeutung von β , die Gravitationskonstante mit β multiplizieren. Wir benutzen daher einfach den von *Emden* berechneten Ausdruck für die innerhalb jeden Sternes konstante Größe $\frac{p}{T^4}$, führen darin β nach unserer Definition ein und multiplizieren außerdem die Gravitationskonstante mit β . So erhalten wir eine neue Beziehung, die den von uns gewählten Grundlagen des Strahlungsgleichgewichtes streng entspricht:

$$2,91 \cdot 10^{-69} M^2 m^4 \beta^4 = 1 - \beta, \dots (2)$$

worin m das Molekulargewicht des Gases bedeutet und der numerisch eingeführte Zahlenfaktor nur bekannte physikalische Konstanten enthält.

5. Beispiel für den Aufbau eines Sternes geringer Dichte.

Nunmehr haben wir in den Gleichungen (1) und (2) zwei einfache und klare Beziehungen erhalten, die den Zustand eines Sternes im Strahlungsgleichgewicht darstellen. Man denke sich β aus diesen beiden Gleichungen eliminiert, ferner denke man sich das Molekulargewicht m durch Annahme eines bestimmten Wertes festgelegt, so bleibt eine Beziehung zwischen den drei Integralkonstanten des Sternes, nämlich seiner Masse, mittleren Dichte und effektiven Temperatur bestehen, welche außer physikalisch bekannten Konstanten nur noch den unbekannten durchschnittlichen Massenabsorptionskoeffizienten k_0 enthält. Kennt man also für einen Stern seine Masse, mittlere Dichte und effektive Temperatur, so läßt sich der für ihn geltende Wert k_0 berechnen. Wir würden hierzu die Sonne wählen, da für sie Masse, mittlere Dichte und effektive Temperatur am genauesten bekannt sind, wenn die Theorie in der bisherigen Form auch auf so dichte Sterne wie die Sonne anwendbar wäre. Wegen der Voraussetzung vollkommener Gase müssen wir uns aber zunächst noch auf Sterne geringer Dichte beschränken. Doch auch für solche Sterne liegen genügend astronomische Erfahrungen vor, daß wir einen Musterstern zugrunde legen können, dessen Masse, mittlere Dichte und effektive Temperatur mit hinreichender Sicherheit angegeben werden kann. *Eddington* wählt einen Stern, dessen Masse das Anderthalbfache der Sonnenmasse beträgt, dessen mittlere Dichte 0,002, also etwas mehr als Luftdichte, und dessen effektive Temperatur 6500° beträgt. Für den Massen-

absorptionskoeffizienten k_0 eines solchen Sternes ergeben sich, je nach Wahl des Molekulargewichtes, (54 bis 2), Werte zwischen 30 und 5, die physikalisch recht plausibel erscheinen¹⁾.

Welches Molekulargewicht ist nun für die Materie der Sterne zugrunde zu legen? Bei den hohen Temperaturen, die im Innern der Sterne herrschen, ist es wahrscheinlich, daß die Dissoziation der Elemente weit fortgeschritten ist oder zum mindesten schon eine wichtige Rolle spielt; wir können also nicht die Atomgewichte der Elemente benutzen, die wir unter irdischen Verhältnissen gemessen haben. Der Prozeß der Dissoziation besteht in einem Absplittern der äußeren Elektronen von dem Atomgebilde, das als aus einem Kern mit frei darum gruppierten einzelnen Elektronen bestehend zu denken ist. So besteht ein Eisenatom (Atomgewicht 56) aus einem Kern mit 26 darum gruppierten Elektronen. Wird eines dieser Elektronen abgesprengt, so wird dieses im Sinne der Gastheorie als ein selbständiges Molekül zu gelten haben, und das bisherige Atomgewicht 56 wird sich auf zwei selbständige Partikel verteilen, also das Molekulargewicht des Eisens wird nach Absprengung nur eines Elektrons schon auf $\frac{56}{2}$ oder 28 gesunken sein. Nach Ablösung eines weiteren Elektrons sinkt das Molekulargewicht des Eisens auf $\frac{56}{3}$ oder etwa 19, dann auf 14, 11 usw. Schließlich, wenn alle 26 Elektronen abgespalten sind, wenn also vollkommene Dissoziation eingetreten ist, ist das Molekulargewicht auf etwas über 2 gesunken. Nun ist es ein wichtiges allgemeines Gesetz, daß für alle Elemente (ausgenommen Wasserstoff) die Anzahl der äußeren Elektronen nahezu halb so groß ist als das Atomgewicht, daß also allen Elementen bei vollkommener Dissoziation das Molekulargewicht 2 zukommt. Die Temperatur im Innern von Sternen ist möglicherweise noch nicht hoch genug, um eine vollkommene Dissoziation herbeizuführen, trotzdem kann aber das maßgebende Molekulargewicht nicht viel höher als 2 sein, weil ja schon die Abspaltung nur weniger Elektronen das Molekulargewicht sehr schnell in die Nähe dieses Grenzwertes 2 herabdrückt.

Nachdem nunmehr das Molekulargewicht festgelegt ist — wir wählen den Wert 2 —, und nachdem der innerhalb des Sternes als konstant zu betrachtende Massenabsorptionskoeffizient bestimmt ist, beherrscht man vollständig den Aufbau eines Sternes. Um den Verlauf der Zustands-

¹⁾ Der Massenabsorptionskoeffizient scheint für sehr kurzwellige Strahlung unabhängig von der Materie und nur abhängig von der Wellenlänge der Strahlung zu sein. Die maximale Wellenlänge der Strahlung im Innern eines solchen Sternes ist von derselben Größenordnung wie die Wellenlänge der Röntgenstrahlen. Die Absorptionsmessungen für Röntgenstrahlen haben Werte des Massenabsorptionskoeffizienten ergeben, die der Größenordnung nach mit den hier gefundenen Werten übereinstimmen.

größen im Innern des Sternes zu berechnen, bedient man sich am einfachsten wieder der von *Emden* für den Fall p proportional T^4 ausgeführten Rechnungen, indem man überall die Gravitationskonstante mit dem aus Gleichung (2) ermittelten Wert β multipliziert.

Für den oben angegebenen Musterstern geringer Dichte ergeben sich für den Mittelpunkt, wo Dichte, Druck und Temperatur ihre höchsten Werte erreichen, die Zahlen: Die Dichte beträgt etwa $\frac{1}{6}$ der Dichte des Wassers, der Druck $2 \cdot 10^7$ Atmosphären und die Temperatur $5 \cdot 10^6$ Grad. Halbwegs vom Mittelpunkt bis zum Rand ist die Temperatur etwa auf $\frac{1}{4}$ des Mittelpunktwertes gesunken. Trotz dieser hohen Zahlen der Temperatur bleibt der Gradient der Temperatur überall gering und übersteigt nirgends innerhalb des Sternes den Wert von $1\frac{1}{2}$ Grad pro Kilometer.

(Schluß folgt.)

Über „Hamstern“ im Tierreich.

Von Prof.^e Dr. C. Zimmer, München.

Das Wort „hamstern“ hat eine eigenartige Begriffsverschiebung während des Krieges erfahren. Zur Zeit, als die Lebensmittel anfangen knapp zu werden und als die ersten tastenden Versuche mit dem später so ausgebauten Kartensystem begannen, bezeichnete man als „Hamsterer“ Leute, die Lebens- und Genußmittel sammelscharren, so viel sie bekommen konnten, sie weit über das für den augenblicklichen Bedarf nötige Maß aufspeicherten und dadurch die Versorgung der Allgemeinheit schädigten. Heute sagt man von einem, der über Sonntag aufs Land fährt, von Bauernhaus zu Bauernhaus sich durchbettelnd, mühsam einige Eier, Äpfel und — wenn das Glück ihm sehr wohl will — ein halbes Pfündlein Butter erwirbt, alles abends müd und matt, auf dem Trittbrett eines völlig überfüllten Zuges sitzend, heimbefördert, er sei auf einer „Hamsterfahrt“ gewesen. Welche Handlung nennt man nun mit Recht Hamstern, welche von beiden entspricht der Tätigkeit des Nagetieres, das seinen Namen für die Bezeichnung hergegeben hat? Nun, zunächst einmal sicher nicht die zweite. Denn der Hamster tut wirklich etwas ganz anderes, als zur Zeit des Mangels mühselig hier ein Bröckchen und dort ein Bißchen zusammenzuschleppen, um die grimmige Not etwas zu mildern. Im Gegenteil, zur Zeit der Not hockt er, meist schlafend, ruhig in seinem Bau, und wenn ihn hungert, so geht er in den neben der Wohnhöhle gelegenen Vorratsraum, um sich gütlich zu tun.

Also trägt derjenige schätzenswerte Mitbürger, der sich zu Beginn der Kriegsnot, unterstützt von seinem wohlgespickten Geldbeutel, Keller und Kammer gefüllt hat, den Namen eines Hamsterers mit Recht? Eigentlich auch nicht ganz. Denn der Hamster handelt im Grunde genommen anders. Als er die Halme des Getreidefeldes mit

scharfem Zahn fällt und die geschickt den abge-bissenen Ähren entnommenen Körner in seinen Backentaschen heimschleppte, herrschte nirgends Not draußen, sondern allenthalben Überfluß. Er schädigte seine Nebengeschöpfe nicht, wenn er Getreidekörner und Hülsenfrüchte eintrug. Bei der üppigen Fülle, mit der die sommerliche und herbstliche Natur den Tisch deckt, wäre für alle Vorrat genug gewesen, ebenso zu handeln wie der Hamster. Dieser tut eigentlich nichts anderes, als das, was der Mensch für das Zeichen eines guten Hausvaters oder einer sorgsamen Hausfrau ansieht. In den Zeiten des Überflusses sorgt er vor für die Zeit der Not.

So verdient das Wort hamstern als Bezeichnung der Tätigkeit des *Cricetus cricetus* L. eigentlich gar nicht den üblen Beigeschmack, den es hat. Und wenn wir hier die Fälle von hamstern bei Tieren betrachten wollen, so meinen wir damit auch weiter nichts, als das Aufspeichern von Nahrungsmitteln zur Zeit des Überflusses für die Zeit der Not. Es ist dies Aufspeichern eine Anpassung an den Wechsel einer günstigen und ungünstigen Jahreszeit, an den Wechsel von Sommer und Winter.

Über das ganze Tierreich verbreitet finden wir die Erscheinung, daß die Tiere zur Zeit des Überflusses mehr fressen, als sie zur Unterhaltung des Lebens und Wachstums brauchen, und daß sie den Überschuß im Innern des Körpers in der Form von Fett und Glykogen aufspeichern, um bei nicht ausreichender Nahrungszufuhr von außen ihn wieder einzuschmelzen. Das wollen wir nur ganz kurz streifen und auch auf jene Nahrungsspeicher nicht eingehen, die manche Tiere, wie die Raubwespen, die Mist- und Dungkäfer u. a. anhäufen, nicht für den eigenen Bedarf, sondern für ihre Nachkommenschaft.

Die Tätigkeit des Hamsters hatte, auch schon vor dem Kriege, immer einen etwas üblen Beigeschmack, während man einem anderen Tiere die Vorsorge für die Zeit der Not hoch anrechnete: Der Fabeldichter stellt die fleißige Ameise, die zur Zeit des Überflusses für den Winter einträgt, in einen lobenden und rühmlichen Gegensatz zur sorglosen Grille. Leider hat er sich nicht in der Natur umgesehen, sonst müßte er gemerkt haben, daß die Ameisen in unseren Breiten gar nicht daran denken, Nahrungsmittel für den Winter aufzuspeichern. Richtiger hätte er die Honigbiene zur Heldin seiner Fabel nehmen sollen. In bestimmten Zellen ihrer Waben legt sie Vorräte an, teils aus Honig, teils aus Pollen bestehend, die ihr über die böse Winterzeit hinweghelfen sollen. Gerade die Honigvorräte sind es ja, derentwegen der Mensch die Bienen hält. Doch ich will dem Dichter nicht Unrecht tun, vielleicht hat er seine Beobachtung in den Mittelmeerländern gemacht; denn dort gibt es in der Tat die sogenannten Ernteameisen, Ameisen verschiedener Arten, die alle das gemein haben, daß sie Samenkörner einheimsen und in ihren unterirdischen Nestern auf-

speichern. Um sie am Keimen zu verhindern, trocknen sie diese Vorräte, und wenn sie sie als Nahrung verwenden wollen, nehmen sie einen Vermalzungsprozeß vor, indem sie sie durch Anfeuchten zum Keimen bringen und, sobald die für Ameisen ungenießbare Stärke in Zucker umgewandelt ist, die Keimung wieder durch Abbeißen des Keimchens und Trocknen der Körner unterbrechen. Ähnlich handeln auch Ameisenarten in den amerikanischen subtropischen Gebieten.

Es gibt auch Ameisen, die Honig aufspeichern, und zwar in recht eigentümlicher Art. Es sind die Honigtopfameisen (*Myrmecocystus*) aus Nordamerika. Sie nähren sich von Honig, den ein Gallapfel auf seiner Oberfläche gerade während der Zeit ausschwitzt, wo die Gallwespenlarve in seinem Innern sich entwickelt. Um nun auch in der Zeit, wo ihnen diese Quelle nicht mehr fließt, den süßen Saft nicht entbehren zu müssen, schleppen sie ein, so viel sie irgend können und füttern daheim besondere Individuen der eigenen Art bis zum Übermaß damit. Diesen schwillt der Hinterleib, in dem der als Aufbewahrungsort dienende Vormagen liegt, bis zur Größe einer kleinen Kirsche an. Sie sind nicht mehr bewegungsfähig und hängen in besonderen Räumen des Nestes an der Decke nebeneinander. Will eine Ameise diesen lebenden Honigschläuchen Nahrung entnehmen, so kitzelt sie die Genossin am Munde und diese würgt ein Tröpfchen hervor. Auch aus Südamerika und Australien werden solche Honigameisen geschildert.

Die erwähnten Fälle ausgenommen, die Ernte- und Honigtopfameisen und die Honigbienen, sehen wir uns in dem gewaltigen Gebiete der kaltblütigen oder wechselwarmen Tiere vergeblich um nach Fällen vom Hamstern. Sie haben es nicht nötig; gerade ihre Kaltblütigkeit schützt sie vor dem Verhungern. Denn die Zeit des Nahrungsmangels fällt ja im großen ganzen mit der Zeit der Kälte zusammen. Wird es aber kälter, so gehen bei den Kaltblütern auch die Lebensfunktionen und damit ihr Nahrungsbedürfnis zurück. Eine Eidechse im hellen warmen Sonnenschein mit ihren flinken und gewandten Bewegungen ist scheinbar ein ganz anderes Tier, als dieselbe Eidechse zur Zeit der Herbstkühle oder während eines kalten Regens. So wird beim Herannahen des Winters der Kaltblüter immer träger, bis er endlich in Kältestarre verfällt und damit auch sein Bedarf an Nahrung aufhört.

Wie kommt es aber, daß es doch einige Kaltblüter gibt, die Vorräte speichern? Bei den Honigtopfameisen ist der Grund ja ganz klar. Ihre Nahrungsquelle fließt nur wenige Wochen im Jahre, dann aber reichlich, und das Honig speichern ist eine Anpassung an diese Verhältnisse.

Etwas anders steht es bei den Ernteameisen. Unsere einheimischen Ameisen verfallen in einen Kälteschlaf, die tropischen Ameisen nicht, brauchen aber trotzdem keine Vorratsspeicher, da in

ihren glücklichen Gegenden das ganze Jahr hindurch Nahrung genug für sie vorhanden ist. Die Ernteameisen sind auf die subtropischen Gegenden beschränkt, wo es im Winter nicht so kalt wird, daß die Tiere in einen Schlaf verfielen, andererseits die Temperatur doch nicht so ist, daß Nahrung das ganze Jahr hindurch in Menge vorhanden wäre. Recht bezeichnend ist, daß unsere Rasenameise, die bei uns nicht Vorräte sammelt, in Algier, wo sie auch vorkommt, zu den Ernteameisen gehört und Körner einschleppt.

Die Honigbiene endlich verfällt nicht in einen Kälteschlaf, wie wir uns überzeugen können, wenn wir unser Ohr zur Winterzeit an einen Bienenstock halten. Dann hören wir das Summen der im Inneren sich dicht drängenden und gegenseitig wärmenden Tiere. Auch der Kaltblüter produziert Wärme, die beim einzelnen Individuum wenig merklich ist, dort aber, wo zahlreiche Exemplare eng beisammen sind, doch recht ins Gewicht fällt. Da die Biene nun im Winter nicht schläft, muß sie Vorräte einheimsen. Daß unsere anderen staatenbildenden Tiere, die Ameisen, nicht auch im Winter munter bleiben, liegt daran, daß sie ein weitläufigeres Haus bewohnen und nicht so dicht aufeinander sitzen wie die Bienen. Ihre Wohnung kühlt aus und sie verfallen dementsprechend in einen Kälteschlaf.

Es gilt also die Regel, daß wir nur bei den Warmblütern Hamsterer antreffen. Die Warmblütigkeit ist als eine Einrichtung aufzufassen, bestimmt, das Tier von den Schwankungen der Umgebungstemperatur unabhängig zu machen. Sie brachte den Vorteil für das Tier, ihm während des ganzen Jahres gleichmäßig intensive Lebensfunktionen zu ermöglichen und so die Zeit besser auszunützen, verhinderte es aber, auf der anderen Seite, daran, sich auf so einfache Art, wie die Kaltblüter, über die böse Jahreszeit hinwegzusetzen. Erst sekundär haben manche Warmblüter wieder die Fähigkeit des Winterschlafes erworben.

Die eine große Klasse der Warmblüter, die Vögel, besitzt in der Art der Lokomotion, dem Fluge, der ihnen eine noch dazu recht fördernde Bewegung in allen drei Dimensionen erlaubt, ein Mittel, ohne viel Umstände der Not des Winters aus dem Wege zu gehen. Manche von ihnen finden auch während des Winters noch Nahrungsmittel, wenn auch nicht reichlich, so doch ausreichend. Sie bleiben da, die anderen aber machen von ihrer Flugfähigkeit Gebrauch und verlassen uns als Zugvögel, um wärmere und nahrungsreichere Gegenden aufzusuchen. So dürfen wir uns auch nicht wundern, daß unter der Klasse der Vögel Hamsterer in der Regel nicht vorkommen. Doch gibt es auch hier einige Ausnahmen.

Jeder, der einmal Meisen im Käfig gehalten hat, weiß, daß sie gern von ihrem Futter Hanfkörner usw. in Spalten und Ritzen ihres Gebauers verstecken. Und entsprechend verfahren sie in der Freiheit. Ähnliche Neigung, sich Verstecke

von Nahrungsvorräten anzulegen, finden wir ferner bei den Kleibern und vor allem bei den Hähern. Sie verstecken Eicheln, Nüsse usw. in Rindenspalten oder wohl auch in gehackten Erdlöchern.

Von einem amerikanischen Specht werden ausgedehntere Hamstereien berichtet. Es ist *Melanerpes formicivorus* Swains. aus Mittelamerika und Mexiko, dem man den deutschen Namen des SammelSpechtes gegeben hat. Er hackt in bestimmte Bäume eine Menge von Löchern und stopft in jedes eine Eichel hinein. An anderen Stellen füllt er die Eicheln in die hohlen Stengel der Agavenblütenstände. Die Vögel arbeiten hierbei nicht einzeln, sondern in Scharen vereint. Dann verlassen sie ihre Vorratsbäume und kommen erst zur Trockenzeit wieder dahin zurück, auch wieder vereint, um von den Eicheln zu zehren. Es ist also ein gewisses soziales Sammeln, das sie vollführen, und ähnlich sind soziale Instinkte auch beim Sammeln der Häher, Kleiber und Meisen erkennbar. Die Tiere sind Strichvögel und sie sind zur Zeit des Nahrungsmangels in der Regel gar nicht mehr dort, wo sie ihre Vorräte angesammelt haben. Scheinbar hätte ihre Tätigkeit also keinen Zweck. Wir müssen aber annehmen, daß der einzelne gewissermaßen nicht für sich selbst, sondern für die Art, die Allgemeinheit sammelt. Ist er selber auch nicht mehr am Vorratsort, so sind es doch andere. Instinktiv suchen sie an solchen Orten, wo sie, auch wieder instinktiv, im Sommer, wären sie dagewesen, die Nahrung verborgen hätten; und so finden sie denn die dort von ihren Artgenossen untergebrachten Nüsse, Eicheln und Sämereien.

So gut wie die Vögel sind die anderen Warmblüter, die Säugetiere, nicht daran. Nur in beschränktem Maße finden wir bei ihnen die Fähigkeit, durch Wanderungen der Ungunst des Winters aus dem Wege zu gehen. Im allgemeinen sind sie gezwungen, sich schlecht und recht durch den Winter durchzuhungern, „durchzuhalten“; oder aber sie haben sekundär wieder die Fähigkeit erworben, die Körpertemperatur herunterzusetzen und in einen Winterschlaf zu verfallen. Sowohl bei solchen, die durchhalten, als auch bei den in Kälteschlaf verfallenden kommt nun der Instinkt vor, Nahrungsvorräte aufzuspeichern. Denn auch die Winterschläfer liegen meist nicht die ganze schlimme Jahreszeit hindurch in einem Zustand der Starre, sondern unterbrechen ihren Schlaf gelegentlich, wobei ihnen dann aufgespeicherte Vorräte von Vorteil sind. Auch während der Übergangszeit im Herbst und im Frühjahr, wo der Schlaf noch nicht eingetreten ist oder schon sein Ende gefunden hat, ernähren sie sich davon.

Nun speichern aber bekanntlich auch nicht alle Säger Vorräte auf. Zunächst in der Regel die Fleischfresser nicht. Jeder, der sich einmal praktisch mit Hamstern beschäftigt hat, weiß, daß es viel leichter ist, Mehl, Kaffee, Tee usw., kurz

Vegetabilien aufzuheben, als Fleischwaren, die leicht dem Verderben ausgesetzt sind. Wer über einen guten Eisschrank oder gar einen Eiskeller verfügt, vermag allerdings auch Wurst und Butter für längere Zeit frisch zu erhalten. Unter den Fleischfressern im Tierreich ist nun der Polarfuchs im Besitze eines natürlichen Eiskellers. Zur Zeit, wenn die Vögel in seiner Heimat mausern und dann für ihn verhältnismäßig leicht zu erbeuten sind, fängt er sie weit über den augenblicklichen Bedarf hinaus und legt sich in Eisspalten Speicher für die Winterzeit an. Er hat den Instinkt seiner Familie, der Familie der Hunde, Nahrungsmittel, die sie im Augenblicke nicht ganz verzehren können, zu vergraben und zu verstecken, weiter ausgebildet. Noch ein anderes fleischfressendes Säugetier hamstert, und zwar in recht eigentümlicher Weise. Es ist der Maulwurf. In besonderen Räumen seiner unterirdischen Wohnung schleppt er Regenwürmer zusammen, denen er den Kopf abbeißt. Das ist beim Regenwurm kein edeler Körperteil. Der Wurm stirbt davon nicht, sein Kopf wächst wieder nach, aber ohne Kopf vermag er nicht in der Erde zu graben. Er kann also dem Maulwurf aus den Vorratskammern nicht entkommen. Bis zu 1300 Regenwürmer sind schon aus einem einzigen Maulwurfsbau ausgegraben worden, und mancher Angler weiß ganz genau, wo er zur Winterzeit, wenn die Regenwürmer durch das frosterstarzte Erdreich nicht mehr an die Oberfläche kommen, seine Köder suchen muß.

Aber das sind Ausnahmen, in der Regel hamstern die Fleischfresser nicht, sondern nur Pflanzenfresser (und Allesfresser). In der Familie, zu der der Hamster gehört, findet sich der Sammelinstinkt sehr verbreitet. Der Hamster rechnet zu den mäuseartigen Nagern, und so ziemlich alle Mäusearten der gemäßigten oder kalten Gegenden speichern Nahrungsvorräte auf, sei es nun, daß sie einzelne Nüsse, Wurzeln usw. mehr gelegentlich einschleppen, sei es, daß sie die Sache systematisch und mit Inbrunst betreiben, wie der Hamster. Die Nahrungsvorräte sind manchmal so bedeutend, daß auch der Mensch, wie er es ja auch beim Hamstern tut, ihnen nachgräbt, um sie für sich zu verwenden. Das gilt für die sibirische Wurzelmaus (*Microtus oeconomus* Pall.). Wie ihr Name schon verrät, schleppt sie Wurzeln ein, die sie schön gesäubert und in Stücke zerschnitten in ihren Höhlen aufspeichert — in ganz ähnlicher Weise, wie auch unsere berühmte Schermaus ihre Vorratskammern füllt. — Der Tuguse gräbt nun die Vorräte der Wurzelmaus aus. An der Farbe erkennt er, ob die Wurzeln giftig oder nichtgiftig sind. Die letzteren verwendet er als Nahrungsmittel, den ersteren aber spürt er mit ganz besonderer Leidenschaft nach. Denn durch ihren Genuß wird er in einen rauschähnlichen Zustand versetzt.

Backentaschen zum Einschleppen der Vorräte finden sich im allgemeinen nicht bei der Familie

der Mäuse. Die ihnen nahe verwandte Familie der Taschenmäuse in Mittel- und Nordamerika hat aber ihren Namen gerade vom Besitze solcher Hamstertaschen. Sie sitzen hier nicht innen im Munde, wie beim Hamster, sondern außen an den Backen, sind also auch mit Fell ausgekleidet. Zu dieser Familie gehört der Gopher (*Geomys bursarius* Shaw), der durch sein Hamstern rechten Schaden in seiner Heimat, dem Mississippigebiete, macht. Die Großzügigkeit der amerikanischen Technik zeigt sich auch bei ihm: Während unser Hamster die Vorräte mühsam bis in seinen Bau einschleppt, gräbt der Gopher ein senkrechtes Fallrohr zu seiner unterirdischen Vorratskammer und schüttet den Inhalt seiner Backentaschen von oben hinein.

Auch die Familie der Schlafmäuse oder Bilche, zu denen u. a. der Siebenschläfer und die Haselmaus gehören, schleppt Vorräte ein: „Wenn die Haselmaus in ihr Winterhaus schleppt die allerletzte Buchennuß“, heißt es in dem bekannten Herbstlied. Die Winterhäuser sind Verstecke in Asthöhlen oder Baumspalten, aber auch manchmal sehr niedliche kugelförmige Nester, die den Vogelnestern nicht an Kunstfertigkeit im Bau nachstehen.

Die Familie der Eichhörnchen stellt ebenfalls manche Hamsterer. Unser gemeines Eichhorn schleppt Vorräte im allgemeinen nicht in seine Kobel ein, sondern legt sich in ihrer Nähe besondere Speicher in Baumhöhlen, Spalten oder wohl auch in selbstgegrabenen Erdlöchern an.

Außer dem Baumeichhörnchen kommen in Deutschland noch zwei Arten Erdeichhörnchen vor, beide allerdings von nur beschränkter Verbreitung. Es sind Murmeltier und Ziesel. Ersteres, bekanntlich ein Tier der Hochgebirge, zieht im Herbst aus seinem Sommerquartier hoch oben in den Bergen in die mehr talwärts gelegene Winterwohnung um. Dort begibt es sich zunächst an die Heuernte: Es beißt Grashalme ab, legt sie in der Sonne auseinander, wendet sie und schleppt sie dann, wenn sie völlig ausgetrocknet sind, in die Wohnung ein. Der Hauptzweck ist der, die Räume schön warm auszupolstern. Die Frage, ob das Murmeltier auch von dem Heu frißt, ist noch nicht sicher entschieden. Wahrscheinlich ist es schon, denn das Steppenmurmeltier, der Bobak in Rußland und Asien, schleppt ebenfalls Heu ein und frißt davon, wie wir aus den in der Winterwohnung angesammelten Kothaufen sehen können.

Bei beiden, dem Gebirgs- wie dem Steppenmurmeltier, geht eine Sage über die Art, wie sie das Heu einschleppen. Sie sollen eins der ihren auf den Rücken legen, den Bauch mit Heu beladen und dann diesen lebenden Schlitten nach dem Bau ziehen. Als Beweis für die Richtigkeit wird angegeben, daß man Tiere mit abgeschabtem Rückenhaar fände. Das stimmt, doch entsteht dieser Schönheitsfehler durch das Einschliefen in die engen Höhlen.

Das Ziesel ist ein kleiner Steppennager, der erst in neuerer Zeit in das östliche Deutschland, in Schlesien, eingewandert ist. Er lebt hier ähnlich wie der ihm nahe verwandte amerikanische Präriehund in kolonieweise beisammenstehenden Erdhöhlen, „Dörfern“. Auch die Ziesel schleppen Vorräte ein. Sie besitzen Backentaschen, eine Einrichtung, die sie mit der Gattungsgruppe der Backenhörnchen (*Tamias* u. Verw.) in der nördlichen Alten und Neuen Welt teilen, die durchweg Hamsterer sind.

Auch unter der Familie der Hasen gibt es einige Hamsterer. Es sind die kleinsten unter ihnen (wir werden gleich sehen, warum das besonders zu betonen ist), die Pfeifhasen oder Zwerghasen, die in einer Anzahl von Arten aus Sibirien und Nordamerika bekannt sind. Sie legen sich oberirdische Haufen von Gräsern usw. an und führen dann, wenn alles verschneit ist, aus ihren Winterwohnungen unter dem Schnee Gänge nach den Vorräten. In Sibirien treiben die Eingeborenen ihre Schafherden nach den verschneiten Pfeifhasenkolonien und lassen ihre Tiere die Grasspeicher ausscharren und fressen.

Wir wir sehen, sind die erwähnten Hamsterer alles Nagetiere. Unter der zweiten großen Pflanzenfresserordnung der Säugetiere, unter den Wiederkäuern, gibt es keine Vorratssammler. Wir müssen uns die Frage vorlegen, wie kommt das, wie kommt es auch, daß manche Nagetiere der gemäßigten und kalten Zone, wie beispielsweise die Hasen, Schneehasen usw., nicht hamstern? Nun, das hängt mit der Körpergröße zusammen: Wenn ich eine Speise rasch zur Abkühlung bringen will, schneide ich sie in kleine Stücke. Ein kleinerer Körper kühlt im Verhältnis rascher aus als ein größerer. Im Verhältnis zur Masse ist die Oberfläche, von der die Abkühlung ausgeht, größer. So ist es einem größeren Warmblüter leichter, die Winterkälte zu überstehen, als einem kleinen, da er nicht so rasch auskühlt. Nun wirkt Verschiedenes zusammen: Das „Brennmaterial“, mit dem Warmblüter ihre Körpertemperatur auf der Höhe erhalten, wird dem Körper in der Form der Nahrung zugeführt. Um die Abkühlung des Körpers wieder gutzumachen, brauchen die rascher auskühlenden kleineren Säugetiere im Verhältnis größere Nahrungsmengen als die großen. Weiter: Um nicht zu erfrieren, müssen kleinere Säugetiere im Winter Zufluchtstätten, Winterwohnungen, „Hibernakula“ haben. Sie ziehen sich ganz, oder wenigstens für die Zeit der Ruhe unter die Erde, in Baumhöhlen oder an sonstige geschützte Orte zurück. Größere Säuger haben das nicht nötig. Der Hase ist das kleinste unter unseren heimischen Säugetieren, das noch im Winter ohne „Hibernakulum“ zu leben vermag. Nun sind die Nahrungsmittel für Pflanzenfresser im Winter, wenn auch vielleicht knapp, so doch immer noch in einer solchen Menge vorhanden, daß sie ein Durchhalten ermöglichen. Nur sind sie nicht auf engem Raum zusammen. Der

Pflanzenfresser muß sich um sie bemühen, muß herumwandern, um das nötige Quantum zusammenzubekommen. Dazu muß er sich aber der Winterkälte aussetzen. Das vermag nur der große Pflanzenfresser, bei uns der Hirsch, das Reh, der Hase. Kleinere Pflanzenfresser würden sich, wären sie zu solchem Herumziehen zur Nahrungssuche gezwungen, bei strengerer Kälte dem Erfrieren aussetzen. Wollen sie also nicht verhungern, so müssen sie eben Vorräte aufspeichern. Auch die Bequemlichkeit führt ja den Höhlenbewohner, und das sind alle Hamsterer, dazu, sich in der Höhle Speicher anzulegen.

Fassen wir nun noch einmal ganz kurz zusammen: In der Regel sammeln keine Wintervorräte die Kaltblüter, denn ihr Nahrungsbedarf ist bei Kälte gleich Null, unter Warmblütern die Vögel, denn diejenigen, die nicht durchzuhalten vermögen, können dank ihres Flugvermögens der Ungunst der Jahreszeit leicht aus dem Wege gehen, unter den Säugetieren die Fleischfresser, denn Fleischnahrung ist leicht dem Verderben ausgesetzt, unter den pflanzenfressenden Säugetieren die großen Arten, denn sie können sich auch im Winter noch Nahrung genug zusammensuchen. Es hamstern in der Regel also nur kleinere pflanzenfressende Säugetiere, die bei ihrer geringen Körpergröße zu leicht auskühlen würden, somit bei Winterkälte nicht auf Nahrungssuche herumstreifen können, sondern sich in Winterschlupfwinkel zurückziehen müssen.

Besprechungen.

Pascher, A., Flagellaten und Rhizopoden in ihren gegenseitigen Beziehungen. Versuch einer Ableitung der Rhizopoden. Arch. f. Protistenkunde, Bd. 38, Heft 1, 1917. 87 S. Jena, Gustav Fischer, 1917. Einzelpreis M. 4.—.

Die Einleitung zu dieser Abhandlung charakterisiert sie z. T. als Kampfarbeit gegen *Doflein*. P. sieht sich infolge gewisser Darlegungen *Dofleins* in der 4. Auflage seines Lehrbuches der Protozoenkunde genötigt, die Priorität des Gedankens der — kurz, aber ungenau gesagt — Abstammung der Rhizopoden von den Flagellaten für sich zu wahren. Daneben soll früher Ausgesprochenes erweitert, manche irrige, einseitige Auffassung *Dofleins* richtiggestellt und die Vielgestaltigkeit der Beziehungen zwischen Flagellaten und Rhizopoden geschildert werden. Ein großes Programm, und in erfreuender Weise erfüllt! Die Klarheit der Darstellung macht — um das vorweg zu nehmen — das Lesen dieser Abhandlung zu einem Vergnügen, das Gefühl, das sich dem Leser dabei aufdringen muß, daß der Verfasser hier aus der riesigen Fülle seines Wissens das Beste, was er weiß, sagt, gibt ein festes Vertrauen zu der Darstellung der Tatsachen und zu ihrer Auslegung; die Vorsicht, mit der P. seine Ableitungen ausspricht, ist zweifellos eine bei der Natur des menschlichen Geistes und dem geringen Maß seines „Wissens“ berechnete Bescheidenheit, und es sei an dieser, einem weiteren, nicht ausschließlich fachmännischen Leserkreis zugänglichen Stelle die P.sche Vorsicht beibehalten und seine Annahme nur als wohlbegründete Hypothese hingestellt, anstatt mit ihr, wie es bei weiteren Forschun-

gen geschehen könnte, mit einiger Sicherheit zu rechnen. Denn nichts hat der modernen Biologie (insbesondere dem Abstammungsgedanken) mehr geschadet, als das Hinaustragen gewisser Hypothesen in die breite Öffentlichkeit, Abstammungshypothesen, deren Wert und Berechtigung bei wissenschaftlicher Arbeit nicht zu leugnen und nicht zu umgehen war, für die aber bei der Verbreitung in der Öffentlichkeit nur die Form eines unbezweifelbaren — jedoch unbewiesenen! — Dogmas blieb!

Der grundlegende Gedanke P.s ist der, daß der Übergang von vegetabilischer zu animalischer Lebensweise, oder genauer gesagt, von assimilierender zu dissimilierender Tätigkeit der Zelle die Flagellatennatur der Zelle auflockert und zu rhizopodialer Ausbildung führt. Die Darlegungen P.s zeigen, daß dieser Übergang nicht nur einmal stattgefunden hat, sondern immer wieder eintritt, selbst während des Lebens des Einzeltieres und nicht nur auf eine bestimmte Reihe der Flagellaten beschränkt ist, sondern in allen zum Ausdruck kommt, bei den farblosen sowohl wie bei den gefärbten.

Was auf den der Darstellung der Forschungsergebnisse gewidmeten Seiten an Tatsachen geboten wird, ist eine solche Fülle, daß man an der Möglichkeit einer Besprechung in so verhältnismäßig engem Rahmen zweifeln möchte. P. beginnt mit den gefärbten Flagellaten, mit Vertretern aus der Reihe der Chrysomonadinen. Er zeigt die mehr gelegentliche Ausbildung eines Pseudopodiums, die Anlage solcher an dauernd bestimmten und ein für allemal festgelegten Stellen des Körpers, bei nackten wie bei beschalteten Formen, ferner die Ausbildung von Axopodien, wie sie hauptsächlich den Heliozoen unter den Rhizopoden zukommen, bei typischen Flagellaten, zumeist noch unter Beibehaltung der Geißeln. *Chrysamoeba*, *Ochromonas*, *Heterochloris*, *Synura* werden als vorübergehend rhizopodial organisiert vorgeführt, *Mallomonas*, *Chrysopyxis* und viele andere weisen z. T. dauernd so vollkommene Ähnlichkeit mit rhizopodialen Formen auf, daß sie mit ihnen zu verwechseln sind.

An diese dauernd rhizopodial gewordenen Flagellaten schließen sich solche an, die sogar die vorübergehende Ausbildung von Schwärmsporen unterdrückt haben. Dies geschah natürlich nicht unvermittelt, und als Beispiel für solch einen allmählichen Übergang führt uns P. *Myxochrysis* vor, bei der aus einzelnen ihrer Vermehrungszysten chromulinaartige Schwärmer, aus anderen dagegen sofort kleine Amöben hervorgehen. Von ganz besonderem Interesse sind einige Fälle der am weitesten vorgeschrittenen Ausbildung von rhizopodialer Organisation bei den gefärbten Flagellaten. Hier erlangt die merkwürdige Form *Rhizaster* sogar eine Pseudopodienart, die bei den „echten“ Rhizopoden nicht vorkommt, die vielmehr als „Alleinerwerb der rhizopodialen Flagellaten“ angesehen werden kann. Hierher gehören noch zwei weitere Gattungen: *Chrysocrinus* und *Chrysothyliakion*.

Eine ganz ähnliche Übergangsreihe von der flagellaten zur rhizopodialen Natur findet sich auch bei den ungefärbten Flagellaten. Da nun aber vielfach die an und für sich farblosen Rhizopoden noch Beziehungen zum Chromatophoren-Apparat der gefärbten Flagellaten aufweisen, so erhebt sich die Frage, auf welche Weise während der Umbildung flagellater Organisation zu rhizopodialer der Verlust der Chromatophoren eintrat. Hierfür bringt uns P. zahlreiche aufklärende Beispiele. Der Chromatophoren-Verlust kann durch Teilungshem-

mung eintreten (Rhizochrysis, Chrysarachnion u. a.), kann aber auch durch allmähliche Reduktion herbeigeführt werden (Poteriochromonas u. a.). Besondere Aufmerksamkeit dürfte die Feststellung *P.*'s verdienen, daß gewisse „farblose, dauernd rhizopodiale Organisationen . . . mit Bestimmtheit ihren engeren Anschluß an eine gefärbte Flagellatenreihe erkennen lassen“. Meist verraten dann die Vorgänge bei der Teilung in der Zyste die nahe Verwandtschaft zu bestimmten Flagellaten (Dinamoebidium zu Dinoflagellaten durch gymnodiniumartige Schwärmer u. s. f.).

Selbst Plasmodienbildung und plasmoidale Organisation läßt sich bei den gefärbten Flagellaten nachweisen: Chrysarachnion, Myxochrysis u. a. Diese Formen und Zustände sind schon deswegen besonders beachtenswert, vor allem aber auch, weil sie ein Schlaglicht auf die phylogenetische Stellung der Mycetozoen werfen. Die weiteren Darstellungen *P.*'s führen uns dann amöboide Stadien bei den Algen und den Pilzen vor, ferner einige Formen, die zwischen Flagellaten und Rhizopodien stehen, z. B. Vahlkampfia bistidialis, bei der nur gelegentlich Geißeln zur Ausbildung kommen und ferner Actinomonas, die wir mit *P.* geradezu als „halbhelizoenartige Flagellate“ bezeichnen können. Auch die Schwärmerbildung bei der Entwicklung der Rhizopoden wird ausgewertet, wobei wir darauf hingewiesen werden, wie gering unsere Kenntnisse hinsichtlich der Schwärmer der höheren Rhizopodien noch sind (Forminiferen, Radiolarien). Nach diesen Darlegungen *P.*'s darf es zweifelhaft erscheinen, ob die bisher angenommene Ableitung einzelner Rhizopoden richtig ist, ja es darf als nicht ausgeschlossen gelten, daß einzelne bisher als einheitlich aufgefaßte Klassen der Rhizopoden hinsichtlich ihrer Abstammung aus verschiedenen Elementen zusammengesetzt sind.

In einem Schlußwort legt uns *P.* nun dar, daß durchaus nicht anzunehmen ist, daß alle Rhizopoden auf Flagellaten zurückgehen, wobei er mit vielsagenden Worten verspricht, demnächst noch weitere Auskunft über die Entstehung rhizopodiale Entwicklung auf ganz anderem Wege zu geben. Trotz seiner Ansicht von der Polyphyly der Rhizopoden spricht er in einem Schlußsatz aus, daß wir „an die Basis der derzeit bestehenden Organismen, ob Pflanze oder Tier, eine bereits ungemein hochkomplizierte, organisch fein differenzierte Organisation stellen“ müssen, „die himmelweit über jeder theoretisch angeforderten Lebensurform steht — die Flagellate“.

Wie eingangs bereits angedeutet wurde, enthält die Abhandlung *P.*'s außerdem noch viel Polemisches gegen *Doflein*, vor allem ist ihr ein Nachwort angefügt, das ausschließlich zur Wahrung der Priorität *P.*'s hinsichtlich dieser Gedankengänge bestimmt ist und zur Nachweisung einiger Schiefheiten in den Ausführungen *Dofleins* in seinem obengenannten Lehrbuch. *P.* legt darin dar, wieviel früher und, nach den damals und heute vorliegenden Forschungsergebnissen, richtiger er diese Auffassungen vertreten habe als *Doflein*. Jedoch sei von der Besprechung dieses Teiles Abstand genommen, da er für weitere Kreise weniger bedeutungsvoll erscheinen muß. Zu dieser Auseinandersetzung zwischen *P.* mit *Doflein* sei jedoch bemerkt, daß ich in einer kleinen Abhandlung, die sich für das Arch. f. Protistenkunde zurzeit noch im Druck befindet, nachweisen konnte, daß alle diese Gedanken bereits von *Haeckel* 1894 ausgesprochen wurden, ja, daß dieser schon den Metasitismus (Nahrungswechsel, also Übergang von vegetativer zu animalischer Lebensweise) für die Umwandlung von Flagellaten zu Rhizopodien verantwort-

lich machte. Wenn also selbst zugegeben werden muß, daß auch *P.* auf diese Gedanken keinen unbedingten Prioritätsanspruch geltend machen kann, so muß doch besonders dankbar anerkannt werden, in welcher hervorragender Weise es *P.* verstanden hat, mit Tatsachenmaterial diese Anschauungen zu festigen und — was *Haeckel* noch nicht möglich war — zu begründen, und daß nichts imstande ist, den Wert der vorliegenden Abhandlung herabzusetzen.

Erwin Hirsch, z. Z. Unterlüß.

Wenger, Robert, Die Vorherbestimmung des Wetters. Antrittsvorlesung, gehalten am 20. Juli 1918 in der Aula der Universität Leipzig. Leipzig, Veit & Comp., 1919. 80. 36 S. Preis M. 1,80 + 15% Teuerungszuschlag.

Aus dem Zusatz im Titel „Antrittsvorlesung“ ersieht man bereits, daß es sich in dem kleinen Heft nicht um eine Anweisung zur Wettervorhersage handeln kann, sondern nur um einen kritischen Überblick über die Brauchbarkeit und die bisherigen Erfolge der verschiedenen Methoden. Es werden zunächst kurz behandelt: Der Wert langjähriger Mittelwerte, das Aufsuchen periodischer Einflüsse, die Beobachtung örtlicher Witterungsanzeichen und sogenannten Bauernregeln und die synoptischen Methoden.

Etwas ausführlicher — manche Meteorologen werden finden, auffallend günstig — wird das neuerdings wieder von *Kaltenbrunner* hervorgeholte und verbesserte Verfahren besprochen, für einen bestimmten Beobachtungsort, die mit gewissen Wetterfaktoren verbundene Wetterfolge tabellarisch zusammenzustellen und nach dem Prinzip „Auf gleiche Faktoren folgt das gleiche Wetter“ auf das kommende Wetter zu schließen. Ferner werden noch erwähnt die Bestrebungen, den allgemeinen Witterungscharakter längerer Zeiträume im voraus zu bestimmen, und die Versuche von *Bjerknes* und von *F. Exner*, die Prognose als mathematisch-physikalisches Problem zu behandeln. Wohl mit Recht wird hervorgehoben, daß es fraglich ist, ob die zur mathematischen Darstellung notwendige Genauigkeit der Beobachtungen auch wirklich erreichbar ist. Da gegen hält *Wenger* die Hoffnung für berechtigt, daß es gelingen wird, durch eine Verknüpfung von Theorie und Empirie eine praktische Lösung zu erhalten.

R. Süring, Potsdam.

Zoologische Mitteilungen.

Der Wisent und Buffalo in modernen Tiergärten.

Über dieses Thema verbreitet sich *B. Szalay* im *Zoologischen Beobachter*, Jahrg. 59, Nr. 5/6. Für die Geschichte des Wisents in den zoologischen Gärten ist das Jahr 1846 geradezu epochemachend. Damals begann eine Reihe von Einfängen in Bialowieza, wodurch die europäischen zoologischen Gärten mit dieser Tiergattung versehen wurden. Im Jahre 1851 kam z. B. ein Paar nach Schönbrunn, dessen Nachkommen jetzt in ganz Europa zerstreut sind und die verschiedensten Parke bevölkern. Heute stammen mithin alle in Gärten lebende Wisente direkt oder indirekt aus den nach 1846 erfolgten Einfängen in Bialowieza; von dort sind aber auch fast alle Skelette und ausgestopften Exemplare der Museen, mit Ausnahme einiger Skelette in Paris, die Siebenbürger Herkunft sind. — Die zoologischen Gärten gaben die beste Gelegenheit zu eingehenderem Studium der Wisente. *Heinroth* stellte nach der Übersicht des betreffenden Materials fest, daß die Trächtigkeitsdauer beim europäischen Wisent 270

bis 274 Tage, beim amerikanischen hingegen 271 bis 277 Tage ausmacht. Es fiel oft auf, wie lange diese Tiere unter günstigen Verhältnissen in der Gefangenschaft leben können. *Knauer* teilt z. B. mit, daß ein amerikanischer Bison im Frankfurter Zoologischen Garten 13 Jahre lang lebte. Seitdem sind aber viel höhere Ziffern bekannt geworden. Der in Schönbrunn 1809 verendete europäische Wisent, namens Miska, war wenigstens 20 Jahre lang in Gefangenschaft. In Dresden lebten Wisente 18—19, in Hamburg amerikanische Bisons 20—21 Jahre lang. *G. Thompson* hatte in Amerika eine zahme Bisonkuh, die 30 Jahre lang lebte. — Seit der amerikanische Bison in seiner Heimat in wildem Zustande so gut wie ausgerottet ist, ist er ein interessantes Tier geworden, so daß sich auch in Europa mehrere zoologische Gärten mit seiner Zucht befassen. Nach *Boettger* sollen z. B. im Jahre 1903 in Europa zusammen 114 Buffalos und 14 Mischlinge existiert haben. Für das Jahr 1915 hat *Szalay* die Zahl der Vollblutbisons auf ca. 190 festgestellt. Europäische Wisente existieren außer Bialowieza in Europa ca. 120 Stück.

Zur Biologie von *Subcoccinella 24 punctata* L. liefert *Hugo Schmidt* in der *Zeitschrift f. wiss. Insektenbiologie*, Berlin, Bd. 14, Heft 3/4, einen Beitrag. Der Beobachter war erstaunt, die Larven und Käfer dieser Coccinellidenart nicht blattlaus-, sondern pflanzenfressend zu finden. An einem sandigen Wegrande, von der Sonne durchglüht, stand eine Kolonie des gemeinen Blasenkelch-Leinkrautes (*Silene inflata*). Schon von weitem fielen die Pflanzen durch ihr gelbes, vertrocknetes Aussehen auf. *Schmidt* glaubte erst an ein Dürrwerden infolge der herrschenden Trockenheit und des sterilen Bodens oder an einen Pilzbefall, bis ihn die an Ober- und Unterseite der fast ganz ausgeweiteten Blätter zahlreich sitzenden Coccinelliden-Larven und -Puppen eines besseren belehrten. Der Larvenfraß erfolgt fleckenweise von der Oberseite des Blattes aus und zwar so weit, daß gerade noch die Epidermis der Blattunterseite stehen bleibt, die sich als schnell eintrocknendes, durchsichtiges Häutchen von gelblicher Färbung scharf von der grünen Blattfläche abhebt. Form und Größe der Fraßflecke sind recht verschieden; doch geht ihr größter Querdurchmesser kaum über 3 mm hinaus. Ihre Ränder trocknen zu scharfkantigen grünen Leisten ein, die die Fraßstellen scharf begrenzen. Je nach der Anzahl der weidenden Larven bedeckt sich mehr oder weniger schnell der größte Teil des Blattes oder oft genug die ganze Blattfläche mit Fraßflecken. Innerhalb der Fraßflecke läßt die Larve eigentümlicherweise die chlorophyllführende Blattschicht in einzelnen parallelen, gleichweit von einander entfernten, sehr schmalen Streifen stehen, die gleichfalls zu grünen Leisten eintrocknen, aber an Höhe erheblich hinter den Randleisten zurückstehen. Ob auch die Larven der anderen Vertreter der Coccinelliden-Unterfamilie Epilachninae dem gleichen charakteristischen Streifenfraß huldigen, vermag *Schmidt* nicht zu sagen.

Über eine Staphylinidenart (*Lesteva fontinalis* Kiesw.) aus den mährischen Höhlen berichtet *Karl Czizek* in der *Zeitschrift f. wiss. Insektenbiologie*, Berlin, Bd. 14, Heft 3/4. Durch die ergebnislosen Nachforschungen nach blinden Höhlenkäfern in den nördlichen Breiten enttäuscht und entmutigt, war man geneigt, die Gegenwart von Coleopteren in den mährischen Grotten als eine rein zufällige anzunehmen und hat daher auch den tatsächlich dort lebenden Käfern

nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt. Nur *Wankel* berichtete bereits genau über seine Käferfunde in den mährischen Höhlen, und *Absolon*, durch seine Höhlenforschungen auf der Balkanhalbinsel bekannt, ergänzte die kleine Liste durch den biologisch interessanten Fund von *Ancyrophorus aureus*. Endlich hat *Schmitz* in dem ausführlichen Verzeichnis über die Arthropoden der Kreidetuffhöhlen von Maastricht auch eine größere Zahl von Coleopteren angeführt. *Czizek* selbst hat in den mährischen Höhlen bisher 26 Arten feststellen können. Unter diesen befand sich die interessante Staphylinidenart *Lesteva fontinalis* Kiesw. Sie stammt aus der an Tropfsteingebilden reichen Ochoser Höhle bei Brünn und wurde tief in der Höhle, an Stellen, an denen absolute Finsternis herrscht, auf Stalagmiten und an einem Holzgeländer im Mai und September 1915 und 1916 in 7 Exemplaren gefunden, zusammen mit *Ancyrophorus aureus*, der in derselben Höhle im Jahre 1915 sehr zahlreich war und in den folgenden Jahren immer wieder in einigen Stücken erbeutet wurde. *Lesteva fontinalis* wird in *Reitters* Fauna germanica nicht angeführt; *Ganglbauer* gibt sie aus Dalmatien, Piemont, Korsika, Sizilien, Südfrankreich, Spanien und Algier als sehr selten an. Nach einer brieflichen Mitteilung *Bernhauers* ist sie über das ganze südliche Mitteleuropa weit verbreitet. Und die nördliche Grenze für ihr Vorkommen ist eine mährische Höhle.

Über die Funktion der Schwingkölbchen (Halteren) der Zweiflügler macht *W. v. Buddenbrock* in den *Verhandlungen des Naturhistorisch-Medizinischen Vereins zu Heidelberg*, N. F., Bd. 13, Heft 3/4, die folgenden hypothetischen Aufstellungen: Die Insekten lassen sich nach der Art ihres Fluges in Schwirrer und Flatterer einteilen. Die überwiegende Mehrzahl der Schwirrer läßt dem eigentlichen Fluge ein „Schwirren vor dem Fluge“ vorausgehen, ohne das der Flug nicht gelingt. Dieses Schwirren dient nicht der Luftaufnahme, sondern ist als eine direkte Vorstufe des Fluges, als ein Übergang zwischen Ruhe und Schwirrflug zu betrachten. Die Tätigkeit der Halteren ist sowohl hinsichtlich der Bewegungsart als auch der aus ihr entspringenden Wirkung auf den Flug diesem Schwirren vor dem Fluge vergleichbar. Die Halteren sind folglich keine Steuer- und Gleichgewichtsorgane, sondern Schwirrgorgane. Die Tätigkeit der Halteren läßt sich ferner mit derjenigen der Hörkölbchen bei den Medusen vergleichen. Die Halteren sind folglich erstens Reizorgane, indem ihre schwingende Bewegung als mechanischer Reiz wirkt, und zweitens Sinnesorgane, indem die an ihnen befindlichen Sinneszellen eben diesen Reiz rezipieren. Der rhythmische Reiz wirkt auf die Flugmuskeln und befähigt diese zu schneller, rhythmischer Bewegung. Rückschließend von den Halteren auf die Schwirrgorgane der übrigen Schwirrflieger läßt sich behaupten, daß auch diese der Erzeugung einer vibrierenden Erregung dienen, die sich dem Flügel überträgt und ihn erst flugfähig macht. Die Schwirrflieger vermögen von der Ruhe aus die hohe Energieleistung, die zum Schwirrfluge nötig ist, nicht sprunghaft, sondern nur allmählich zu erreichen, fliegen aber können sie nur bei hoher Frequenz. Ein Flugversuch bei geringer Frequenz hat nur ein unstetiges Herumhüpfen und Wiederzuhodenfallen des Insektes zur Folge. Um dies zu vermeiden, wird zunächst bei ganz kleiner Amplitude die nötige Frequenz erzeugt, eben das Schwirren, worauf erst die große Amplitude einsetzt, die mit der hohen Frequenz

gepaart die Möglichkeit eines raschen Fluges ergibt. Die Halteren der Zweiflügler sind der Aufgabe, die an ein Schwirrorgan gestellt wird, eine hohe Frequenz in möglichst kurzer Zeit zu erreichen, in vollendetem Maße angepaßt, erstens durch ihre Kleinheit und zweitens durch ihre Form, die der Luft einen minimalen Widerstand bietet.

Über die Bedeutung des Kalkes für Mensch und Säugetier handelt Oscar Loew in der *Naturwiss. Zeitschrift f. Land- u. Forstwirtschaft*, Jahrg. 16, Heft 9/10. Die große Ähnlichkeit zwischen Pflanzen und Tieren in dem chemischen Betrieb trifft auch für die Funktion des Kalkes für jede Zelle eines Organismus zu. Der Kalk ist für den Zellkern, der Zellkern für die Zelle, und die Zellen sind wieder maßgebend für die normale Funktion eines Organs. Für Tiere ist aber der Wert des Kalkes noch in anderer Richtung festgestellt worden. Ringer hat seinen hohen Einfluß auf die Herztätigkeit beobachtet, Hammarsten auf die Gerinnbarkeit des Blutes, welche Eigenschaft zum Verschuß von Wunden wichtig ist. Chiari und Januschke zeigten den günstigen Einfluß von Kalksalzen bei Entzündungsvorgängen. Sehr wichtig ist ferner die Beobachtung Hamburgers, daß bei den weißen Blutkörperchen die Freilust für Bakterien erheblich durch Kalksalze gefördert wird. — Der tägliche Kalkbedarf richtet sich bei wachsenden Tieren hauptsächlich nach dem Knochenwachstum, bei ausgewachsenen Tieren wesentlich nach den täglich stattfindenden Verlusten in den Ausscheidungen durch Nieren und Darmkanal. Es muß eine gewisse Menge zirkulierenden gelösten Kalkes im Tierkörper vorhanden sein, um dann Verluste an gebundenem Kalk zu ersetzen, wenn irgendwo eine noch so geringe Verdrängung gebundenen Kalkes stattgefunden haben sollte. Der Gehalt an gelöstem Kalk im Blute ist zwar nur gering, aber nichtsdestoweniger von fundamentaler Bedeutung; sinkt er, so ergänzt er sich aus den Knochen. — Der Kalkbedarf unserer Haustiere ist sehr bedeutend. In dem Tagesfutter einer milchliefernden Kuh müssen etwa 100 g Kalk vorhanden sein, wobei jedoch angenommen wird, daß etwa die Hälfte nicht zur Resorption gelangt. Im Tagesfutter eines ausgewachsenen Ochsen oder Pferdes müssen ca. 60 g Kalk vorhanden sein. Auch wenn man annimmt, daß nur $\frac{1}{3}$ davon resorbiert würde, so erscheint dieser Kalkbedarf auch relativ viel bedeutender als der eines erwachsenen Menschen, der im Mittel nur etwa 1 g beträgt.

Man sollte denken, daß in der täglichen Nahrungsmenge des Menschen mehr als 1 g Kalk enthalten wäre. Allein dies ist häufig nicht der Fall, besonders dann nicht, wenn die kalkreichen Blatt- und Wurzelgemüse vernachlässigt werden. Der Mensch läßt bei Fleischkost die Knochen unberührt, während alle Tiere, die ausschließlich auf Fleischnahrung angewiesen sind, stets die Knochen mitfressen, wodurch sie vor manchen Krankheiten bewahrt werden. Daß der Mensch häufig zu wenig Kalk in seiner Nahrung erhält, ergibt sich auch schon aus dem schlechten Zustand der Gebisse. Nur gutverkalkte Zähne mit dichter Glasur können den Bakterien Widerstand leisten. Wie die Zähne unter dem Kalkmangel leiden, zeigt auch das Ausfallen der Plomben aus den Zähnen bei schwangeren Frauen. Sie müssen den Kalk für das Kind und später für die Muttermilch liefern, die dem Kinde das Wachstum von Knochen ermöglichen soll. Ist nun in der Nahrung zu wenig Kalk, so wird dieser den Zähnen und Knochen der Mutter entzogen, wobei es sich manchmal ereignet, daß sogar Knochenerweichung

eintritt. Alle diese Kalamitäten können leicht durch Zufuhr richtiger Mengen von Kalksalzen vermieden werden. — Auch die Hirnfunktionen und die geistige Tätigkeit hängen mit einem normalen Kalkgehalt der Nervenzellen zusammen. In Bezirken, in denen Knochenkrankheiten häufig sind, treten auch Geisteskrankheiten oft auf, und bei Geisteskranken sind die Knochen sehr oft durch große Weichheit infolge von Kalkverlusten charakterisiert. Bei Neurasthenie, Asthma und Heufieber hat sich die Kalktherapie vorzüglich bewährt, aber auch bei den Nachtschweißern und Blutungen der Tuberkulösen. Es ist eine bekannte Beobachtung, daß Arbeiter in Kalk- und Gipswerken in auffällender Weise von Tuberkulose verschont bleiben, ja daß tuberkulose Arbeiter, die in Kalkwerke eintreten, bald eine wesentliche Besserung ihres Zustandes erfahren. Zum Teil beruht die Wirkung jedenfalls darauf, daß die tuberkulösen Herde in der Lunge mit einer Schicht von Kalziumkarbonat und Kalziumphosphat umgeben werden. — Auch auf den Fortpflanzungsprozeß hat erhöhte Zufuhr von Kalksalzen eine günstige Wirkung, was aus Versuchen von Emmerich und Loew an Mäusen, Meerschweinchen und Kaninchen hervorgeht. Vor allem wird offenbar die Aufnahmefähigkeit der Weibchen gefördert. Die bei Kühen so häufige Akonzeption kann durch Darreichung von Chlorkalzium beseitigt werden.

Beobachtungen über das Familienleben der Feldmäuse veröffentlicht E. Knoche in den *Arbeiten aus der Kaiserl. Biolog. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft*, Bd. 9, Heft 3. Läßt man die jungen Feldmäuse nach der Trennung von den Eltern beieinander sitzen, so vertragen sie sich meist recht gut. Hier und da kam es als Ausnahme vor, daß ein besonders schwächliches Tier von seinen Geschwistern gequält wurde, während kleine vorübergehende Zänkereien am Futternapf zu den alltäglichen Erscheinungen gehörten. Anders wird ihr Verhalten jedoch mit dem Eintritt in die Brunstzeit, mit der zumeist die Eifersucht unter den männlichen Geschwistern erwacht, soweit mehrere zusammen mit einem oder mehreren Weibchen sitzen. Jetzt entstehen endlose Streitigkeiten und Beißereien, die mit dem Tode der schwächeren Männchen enden können. Unter Umständen kann man aber auch die Wahrnehmung machen, daß manche Männchen von so friedlichem Temperament sind, daß selbst beim Vorhandensein von brünstigen Weibchen sich keinerlei Eifersuchtsregungen geltend machen. Aber derartige Fälle von Verträglichkeit waren doch nur seltene Ausnahmen. Viel besser vertragen sich die Weibchen, auch nach Beginn der Fortpflanzungszeit. Zwistigkeiten kamen fast niemals vor. Mehrfach wurde beobachtet, daß, wenn von zwei Schwestern die eine geworfen hatte, die andere aber noch nicht, diese der Mutter sehr sorgsam bei der Kinderpflege zur Seite stand. — Zahlreiche Beobachtungen beziehen sich auf Fälle, in denen junge Weibchen mit fremden Männchen gepaart wurden. Gewöhnlich zeigen sich die Weibchen dabei zuerst ablehnend, ja sogar feindlich gesinnt. Aber man kann doch nicht recht erkennen, ob mehr jungfräuliche Sprödigkeit oder instinktive Abneigung gegen den fremden Eindringling der Grund ihres Verhaltens ist. Denn jede Maus wehrt sich anfangs gegen den zugesetzten Eindringling, möge er nun gleichen oder anderen Geschlechtes sein. Scheue, gutmütige Weibchen beschränken sich auf eine zaghafte Verteidigung; bissige, energische Weibchen dagegen zerzausen das Männchen zuerst immer arg und werfen es immer wieder zum Nistkasten hinaus, besonders

wenn es sich um junge und noch unbeholfene Männchen handelt. Dagegen haben sie älteren Männchen gegenüber, die schon ein oder mehrere Weibchen besaßen und sich energischer zur Wehr setzen, einen schwereren Stand. Gegenseitige unüberwindliche Abneigung kommt öfters vor. Sympathien und Antipathien beherrschen das eheliche Leben der Feldmäuse in viel höherem Maßstabe, als man von vornherein anzunehmen geneigt ist. Fast jedesmal, wenn ein Männchen mit mehreren Weibchen zusammensitzt, ist ein Weibchen der auserkorene Liebling, während das andere mehr oder minder schlecht behandelt wird oder gar um sein Leben kämpfen muß, wenn es nicht rechtzeitig entfernt wird. Jüngere Männchen sind hierbei meist wählerischer wie alte. — Der Begattungsakt wird bei der Feldmaus nicht, wie bei der viel scheueren Hausmaus nur nachts, sondern häufig auch bei Tage vollzogen. Er dauert sehr kurze Zeit und wird eine ganze Reihe von Malen schnell hintereinander wiederholt. Stehen einem Männchen mehrere Weibchen zur Verfügung, so macht es davon ausgiebigen Gebrauch und versetzt bisweilen dabei die Weibchen in so hochgradige geschlechtliche Erregung, daß sie gegenseitig aufeinander Koitusbewegungen ausführen. Mitunter beißen sich die Männchen bei der Begattung im Nacken des schreienden Weibchens fest. Im Gegensatz zu dem Weibchen scheint das Männchen immer begattungsbereit zu sein. — Nach der Geburt wird das Verhältnis der Gatten zueinander zumeist ein ganz anderes, wie es bis dahin war. Das Männchen tritt völlig in den Hintergrund, und die Kinder nehmen ganz allein die Sorge der Mutter in Anspruch. Selbst gutmütige Weibchen zeigen dann einen böartigen Zug. Während der Sägezeit sind die Mütter gegen Störungen äußerst empfindlich. Doch wurde ein Austausch von Jungen öfters mit Erfolg vorgenommen, und niemals kam es vor, daß eine Mutter die Adoption fremder Kinder verweigert hätte. Allerdings werden *nach* der Entwöhnung die Adoptivkinder meist schlechter behandelt als die eigenen und werden eher totgebissen als diese.

W. May, Karlsruhe.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Eine neue gemeinnützige Stiftung in Zürich für wissenschaftliche Zwecke. *Eduard Rübel*, der Präsident der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft, hat am 18. November v. J. als „Gemeinnützige Stiftung“ das „Geobotanische Institut Rübel“ in das Handelsregister eintragen lassen. Dieses Institut, von ihm gegründet und mit großem wissenschaftlichen Erfolg geleitet, besteht aus seiner reichen Bibliothek, einem Instrumentarium für pflanzengeographische Untersuchungen und einem großen Herbarium, untergebracht in entsprechenden Räumlichkeiten seines Hauses an der Zürichbergstraße. Dr. *Rübel* hat ferner dem Stiftungsgut einen beträchtlichen Betriebsfonds zugewiesen, aus welchem u. a. ein Konservator besoldet wird. In den einleitenden Worten der Stiftungsurkunde wird betont, daß das Institut neben den Institutionen der beiden Hochschulen seine volle Berechtigung habe, um Privatgelehrten zu dienen und die Fortsetzung wissenschaftlicher Arbeiten bei den schweizerischen Lehrern, Förstern, Landwirten und Liebhabern auch nach vollendetem akademischen Studium zu fördern. Um die Stiftung in das Gesamtgebäude schweizerischer Naturforschung einzugliedern, soll die

Hälfte der Mitglieder des Stiftungsvorstandes der „Pflanzengeographischen Kommission“ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft angehören und so das Institut direkt der geobotanischen Landesaufnahme dienstbar gemacht werden. Der Zweck der Stiftung ist, der reinen Forschung auf dem Gebiet der Geobotanik im allgemeinen und der geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz im besonderen zu dienen. Diese setzt sich zum Ziel, die Verbreitung und Vergesellschaftung der Pflanzen in der Schweiz, ihren Zusammenhang mit Klima, Boden, lebender Umwelt und wirtschaftlichen Eingriffen zu studieren. Damit kommt sie in lebendigen Zusammenhang mit Land- und Forstwirtschaft, mit Volkskunde, Wirtschaftsgeographie, Bodenkunde und Tiergeographie und kann auf diese Wissensgebiete fördernd einwirken. So ist die Stiftung gleichzeitig auch eine patriotische Tat! Der Stifter, dem die Pflanzengeographie schon viel verdankt, hat es vorgezogen, sein Institut schon bei seinen Lebzeiten auf diese breite öffentliche Grundlage zu stellen und ihm dadurch gleichsam eine dauernde Existenzberechtigung, eine feste Stellung im Gesamtorganismus der wissenschaftlichen Institute der Schweiz zu sichern, es der Allgemeinheit dienstbar zu machen.

K. Schröter.

Vergleichende Versuche über die Wirkung verschiedener Obsterhaltungsmittel hat Dr.-Ing. *Fritz Jakob* angestellt, und zwar sowohl bei ganzen Früchten (Erdbeeren, Stachelbeeren und Kirschen) als auch bei Obstmark (Mus) und Fruchtsäften. Die Wirksamkeit von *Benzoessäure* und *Salizylsäure* ist etwa gleich groß und zuverlässig. *Ameisensäure* wirkt weniger gleichmäßig und erfordert größere Mengen. *Zimtsäure* ist wohl deshalb weniger sicher, weil sie infolge ihrer geringen Löslichkeit an einzelne Stellen nicht gelangt, von denen aus dann das Verderben des Obstes einsetzt. *Kresotinsäure* vermag im allgemeinen schon in halb so großen Mengen wie *Benzoessäure* und *Salizylsäure* erhaltend zu wirken. Mit *Chlorbenzoessäure* bzw. mit Mikrobin wurden nur einige wenige Versuche angestellt, die im Gegensatz zu anderen Angaben keine guten Ergebnisse lieferten. Bei den von Verfasser gewählten Versuchsbedingungen lagen die erforderlichen Mengen an Konservierungsmitteln für *Benzoessäure* und *Salizylsäure* etwa zwischen 0,3 und 1 Promille, für *Ameisensäure* zwischen 2 und 3 Promille, für *m-Kresotinsäure* zwischen 0,2 und 0,5 Promille. Für die eingedickten Fruchtmarken ebenso wie für Mus und Marmelade sind geringere Mengen von Konservierungsmitteln erforderlich als für Säfte und ganze Früchte. Die angeführten Mengen verursachen keine Geschmackverschlechterung, sofern man dafür sorgt, daß nicht einzelne Kriställchen der zugesetzten Säure ungelöst bleiben und hierdurch die Geschmacksnerven reizen, und wenn man reine Präparate anwendet. Die zur Konservierung erforderlichen Mengen *Ameisensäure* erhöhen zwar den sauren Geschmack merklich, doch nicht in unangenehmer Weise. Die größte Empfindlichkeit gegen die untersuchten Konservierungsmittel zeigten Schimmelpilze, weiter folgten Kähm und andere Hefen, wogegen Bakterien, namentlich auch Essigbakterien, am widerstandsfähigsten waren. Da die drei erstgenannten Pilzarten am häufigsten das Verderben von eingemachtem Obst verursachen, so besitzen wir in den angeführten Mitteln wertvolle Stoffe zur Erhaltung. Weniger wirksam erwiesen sich die angeführten Mittel zur Erhaltung von Obstweinen sowie zur Heilung von bakteriellen Erkrankungen (Essigstich). Schließlich hat der Verfasser

noch die erhaltende Wirkung von Saccharin untersucht. Im Gegensatz zu anderslautenden Angaben besitzt es keinerlei erhaltende Wirkung, auch nicht bei Anwendung solcher Mengen, die des Geschmacks wegen nicht mehr erträglich sind. (*Chem.-Ztg.* 1917, S. 746—747.)

Zur Kenntnis der Bunsenflamme im Unterdruck. L. Ubbelohde und R. Anwandter haben im Anschluß an die Untersuchungen von Ubbelohde und Kölliker¹⁾ über die Verbrennungserscheinungen im Überdruck nunmehr das Verhalten der Bunsenflamme im Unterdruck eingehend studiert. Die Versuche wurden mit reinem Kohlenoxyd und Luft, die beide in Stahlflaschen aufgespeichert waren, angestellt, das Gas wurde durch Überleiten über erhitztes Kupfer von Eisenkarbonyl befreit, sodann gekühlt und in einem Thermostaten stets genau mit 2,3 % Wasserdampf gesättigt. Das gesättigte Gas ging durch einen Momentgasmesser neuer Bauart und schließlich durch einen Feinregulierhahn in ein Dreiwegstück, in dem es mit der gleichfalls mit Wasserdampf gesättigten Verbrennungsluft gemischt wurde. Wegen der Einzelheiten der Apparatur und der Einrichtung des Verbrennungsgefäßes sei auf das Original verwiesen. Die Versuche erstreckten sich einmal auf die Bestimmung der Entzündungsgeschwindigkeit und ferner auf den Verlauf der Reaktion innerhalb sowie oberhalb des sichtbaren Teiles des Innenkegels.

Das Kohlenoxyd, das durch Zersetzung von Ameisensäure mit konz. Schwefelsäure bei 150° hergestellt war, enthielt durchschnittlich 98,5 % CO und 1,5 % Luft. Die Entzündungsgeschwindigkeit wurde nach der Methode von Gouy-Michelson bestimmt, und zwar über einen Druckbereich von 665 bis etwa 170 mm Hg-Säule. Die Versuche ergaben, daß das Maximum der Entzündungsgeschwindigkeit von 42 cm/sek bei 760 mm auf 60 cm/sek bei etwa 300 mm steigt, um dann wieder auf 47 cm/sek bei 173 mm Druck zu fallen. Bei Vorwärmung des Frischgases auf 200° C steigt die Entzündungsgeschwindigkeit sowohl bei gewöhnlichem als auch bei vermindertem Druck und erreicht bei etwa 220 mm ihren höchsten Wert. Durch die Untersuchung der Rauchgase wurde festgestellt, daß die Einstellung des Gleichgewichts 1 mm über dem Innenkegel mit fallendem Druck schlechter wird; während die theoretische Mischung von Kohlenoxyd-Luft bei gewöhnlichem Druck bis zu 26 % Kohlensäure ergibt, wurden bei 162 mm nur bis zu 5 % Kohlensäure gefunden. Dementsprechend hat die Flamme bei 760 mm eine kalorimetrische Temperatur von 2020°, bei 162 mm dagegen nur von 730°. Die wahrscheinliche Temperatur ist bei 760 mm um etwa 300° niedriger als die kalorimetrische, mit fallendem Druck wird dieser Unterschied wahrscheinlich immer kleiner, bis schließlich bei etwa 140 mm die kalorimetrische und wahrscheinliche Temperatur gleich hoch werden. Unterhalb 140 mm Druck kann infolge der großen Unvollkommenheit der Verbrennung im gewöhnlichen Brenner keine Flamme mehr erhalten werden. Mit steigender Vorwärmung des Frischgases wird die Verbrennung schlechter, dementsprechend auch die Gleichgewichtseinstellung. Die Nachverbrennung über dem Innenkegel wird mit abnehmendem Druck immer umfangreicher. Bei niedrigen Drucken verbrennt der größte Teil des Gases oberhalb des sichtbaren Teiles des Innenkegels, also oberhalb der leuchtenden Zone. Das Maximum der Temperatur liegt bei den Unter-

druckflammen nicht dicht über dem Innenkegel, sondern 5—7 mm davon entfernt. Bei Drucken von 400 mm Quecksilbersäule begann die leuchtende Zone meßbare Dicke zu zeigen: bei 400 mm etwa 0,3 mm, bei 200 mm etwa 1,6 mm und bei 145 mm Druck etwa 2,7 mm. Es ist nicht experimentell festgestellt, ob diese Erscheinung durch eine eigentliche Verdickung der Zone oder durch die Oszillation einer äußerst dünnen Zone hervorgerufen wird. Unter gewöhnlichen Umständen verbrennt das theoretische Kohlenoxyd-Luftgemisch im Innenkegel nur bis zu etwa 26 % Kohlensäure. (*Journ. Gasbel.* Bd. 60, S. 225—232, 242—246, 268—273.)

Über die Beziehungen zwischen Steinkohle und Erdöl. In der letzten Zeit sind verschiedene Tatsachen festgestellt worden, die auf gewisse Analogien bei der Steinkohlenbildung einerseits und bei der Erdölbildung andererseits hinweisen. Flüssige erdölartige Produkte sind schon wiederholt in Steinkohlengruben aufgefunden worden, so z. B. in England in der Grafschaft Shrop, wo das „Erdöl“ direkt aus der Steinkohlenmasse ausschwitzte oder sogar ausfließt. Nach Höfer träufelt dieses Öl jedoch nicht aus dem Flöz selbst, sondern aus Spalten eines zerklüfteten Sandsteins innerhalb der Kohlenformation. Von anderen Beobachtungen in dieser Richtung seien noch genannt der dem rohen Petroleum ähnliche Geruch der Grubenwetter der Schaumburger Wäldertongruben, das Vorkommen von Naphtha in den Steinkohlenflözen von Rossitz-Oslawa bei Brünn, das gleichzeitige Vorkommen von Anthrazit und Erdöl im böhmischen Silur, sowie die öligen Ausschwitzungsprodukte der Braunkohlenvorkommen in Steiermark. Verfasser ist der Ansicht, daß trotz des gemeinsamen Vorkommens erdölartiger Produkte mit Steinkohlen und Anthrazit doch noch kein genetischer Zusammenhang zwischen Steinkohlenbildung und Erdölvorkommen zu bestehen braucht.

In neuester Zeit haben nun A. Pictet und seine Mitarbeiter durch Benzolextraktion französischer Steinkohle sowie durch deren Destillation unter vermindertem Druck Kohlenwasserstoffe aufgefunden, die die Zusammensetzung und Eigenschaften von Naphthenen haben und die völlig den Kohlenwasserstoffen von gleicher Molekulargröße entsprechen, die von Mabery aus dem kanadischen Erdöl isoliert worden sind. Somit können durch Vakuumdestillation gewisser Steinkohlen Körper gewonnen werden, die sich anderswo als Bestandteile gewisser Erdöle vorfinden, und es ist also hier zum ersten Male auf experimentellem Wege ein chemischer Zusammenhang zwischen den beiden Naturprodukten dargetan worden.

Von besonderer Bedeutung ist die Auffindung eines festen Kohlenwasserstoffs von der Formel $C_{30}H_{60}$ in dem durch Vakuumdestillation der Steinkohle von Montrambert gewonnenen Teer. Dieser Kohlenwasserstoff, der in der Kohle schon als solcher vorhanden ist, wie durch ihre Extraktion mit Benzol bewiesen wurde, ist auch in dem aus galizischen Erdöl gewonnenen Paraffin und Schmieröl enthalten und kommt schließlich auch im Destillationsprodukt des Bienenwachses vor. Weiter konnte Pictet auch durch Extraktion von Saarkohle Naphthene isolieren, die in ihren physikalischen Eigenschaften sich mit den Zyklenen des amerikanischen Erdöls decken. Auf Grund der Ergebnisse der Untersuchungen Pictets kommt Verfasser zu der Anschauung, daß die Steinkohle nicht ein Produkt allmählicher Kohlenstoffanreicherung des organischen Urmaterials ist, sondern durch einen mit Druckdestillation verbundenen Prozeß entstanden ist. Er weist

¹⁾ Vgl. diese Ztschr. 1917, Heft 16.

dann noch auf die kohlenähnliche Masse der Kompositen sowie auf seine eigenen Untersuchungen über das Erdöl und den Schiefer von Raibl hin. Da dieses Öl ebenso wie auch die kalifornischen Erdöle dieselben aromatischen Kohlenwasserstoffe wie gewisse Steinkohlen enthält, ist es nicht unwahrscheinlich, daß auch die Bildung dieser Kohlenwasserstoffe als die Folge einer Druckdestillation bestimmter Substanzen bzw. Gemische anzusehen ist. Aber trotz aller dieser wichtigen Beobachtungen ist Verfasser der Ansicht, daß kein genetischer Zusammenhang zwischen der Steinkohlenbildung und dem Erdölvorkommen besteht, daß vielmehr nur Beziehungen zwischen gewissen Erdöl- und Steinkohlenbestandteilen hinsichtlich der Art ihrer Bildung vorhanden sind. (Österr. Chemiker-Zeitung, Bd. 19, S. 231—234.) A. Sander.

Mit der Druckhaftigkeit und Bodenbeweglichkeit der Tongesteine beschäftigt sich eine Untersuchung von V. Pollak (Koll.-Zeitschr. 20, 1917, S. 33—39). In den rutschenden und fließenden Bodenarten ist durch Schlämmversuche leicht nachzuweisen, daß in ihnen der Gehalt an feinsten kolloidalen Tonsubstanzen ganz besonders hoch ist, womit es auch in Zusammenhang steht, daß tonige Gesteine einen jedem Bergbautechniker wohlbekannten Quellungsdruck auszuüben imstande sind. Die eigentümlichen, „hog-wallows“ genannten Bodenerhebungen in manchen Gegenden des südwestlichen Nordamerikas deutet in diesem Sinne auch schon E. W. Hilgard als Quellungsformen.

Eine interessante Studie über das Wesen und den Ursprung von Petroleum und Asphalt veröffentlicht Clifford Richardson (Koll.-Zeitschr. 20, 1917, S. 118 bis 122). Er nimmt an, daß das Petroleum aus gasförmigen Stoffen, vor allem Methan und Äthan, hervorgegangen sei, indem an den sogenannten Ölsanden durch Oberflächenwirkung eine Art Kondensation dieser Stoffe stattgefunden habe. Aus dem Petroleum sei dann bei dessen Emulgierung mit Wasser und tonigen Substanzen ein gemischtes Kolloid entstanden, welches zur Bildung des Asphaltes Anlaß gegeben haben soll. Diese Ansichten scheinen ihm durch das Vorkommen des Asphaltes in Gestalt des „Pechsees“ von Trinidad bestätigt; in der Tat bricht dort an einer zentral gelegenen Stelle eine eigentümliche Mischung von Schlamm und Erdöl hervor, welche anfangs weich ist, im Laufe der Zeit aber sich verfestigt, und zwar unter Bildung der asphaltartigen Massen als Endprodukte. Bemerkenswert ist des weiteren das bekannte Zusammenkommen von Naturgasquellen mit den Ölsanden und den Asphaltmassen; auf Trinidad findet man im speziellen neben Methan und Äthan in den dortigen Gasen noch Kohlendioxyd, das in den pennsylvanischen Naturgasen fehlt.

In einer Reihe von Arbeiten über rhythmische Diffusionsstrukturen in Gelatine-Salz-Gallerten machte W. Möller (Koll.-Zeitschr. 22, 1918, S. 155—163) Beobachtungen über die Bildung von Sphäriten, d. h. sphärökrystall-ähnlichen Gebilden, die keine optische Anisotropie erkennen lassen, wenn nicht gerade Spannungsdoppelbrechung in den sie aufbauenden Kolloiden zur Ausbildung gelangen. Mineralogisch von Wichtigkeit ist es nun, daß man in den künstlichen Gelatine-Salz-Gallerten eine schraubenartige Drehung der das Gel durchziehenden feinen Fibrillen beobachten kann, die den in der Natur sehr häufigen schraubenförmig desgl. den Gebilden, die Wallérand beim Zusammen-

verdrehen Chalcedonfasern durchaus entsprechen, schmelzen von Malonamid und Santonsäure erhielt. Möller nimmt an, daß die Ausbildung der Fibrillen in dem Gelkörper der Sphärite einem Kristallisationsvorgang ähnlich verläuft, und daß die Verdrillung der Fasern hierbei durch Einlagerung fremder Bestandteile verursacht wird. Daß eine einzelne Fibrille in den Gelatine-Salz-Gallerten durchaus einem anisotropen Kristall analog sich verhält, hatte derselbe Autor schon früher (Koll.-Zeitschr. 20, 1917, S. 242—250) beobachtet. W. Eitel.

Über Schimmelbildungen, die Veränderungen im Papier hervorrufen. (P. Sée.) Die Ursachen der als Vergilben bekannten Veränderungen des Papiers, die sich namentlich in der Feuchtigkeit einstellen, sind niedere Pilze. Einige unter ihnen scheiden ein, je nach der Art verschiedenes, Pigment aus, das in die Papierfasern eindringt. Die Flecken bestehen aus einem innern Teil, dem eigentlichen Myzel, und einer aus ausgeschiedenem Pigment bestehenden Randzone. Die Keime zu diesen Wucherungen kommen nicht nachträglich in das Papier, sondern sie sind schon im Teig vorhanden, und stammen jedenfalls aus dem Rohmaterial. Die Myzelien sind meist gemischt, oft findet man aber auch Reinkulturen. Überimpfen auf sterilisierte Papierbänder ist möglich, ohne Zusatz von Nährstoffen. Verfasser hat bis jetzt 14 verschiedene Arten von Pilzen nachgewiesen. (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, tome 164, 1917.)

Über einige Versuche der Brotbereitung, mit Rücksicht auf die Fortdauer des Krieges. (M. Balland.) Es wurden Versuche angestellt, um einen Ersatz für das zur Brotbereitung bisher ausschließlich verwendete Korn zu finden. Sie erstreckten sich auf Gersten-, Mais-, Reis-, Maniok- und Erdnußmehl, nicht aber auf Mehl aus Roggen, Kastanien und Kartoffeln. Es ergibt sich aus ihnen, daß, wenn nötig, zum Weißmehl ein Zusatz von Gersten-, Roggen-, Mais-, Reis- oder Maniokmehl ratsam ist, und zwar im Verhältnis von 10—15 %. Unter diesen ist Roggenmehl vorzuziehen. Der Nährwert dieser Brote würde etwa in der Mitte stehen zwischen demjenigen des Roggen- und des Weizenbrotes. (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, tome 164, 1917.)

Einfluß der radioaktiven Substanzen auf die Permeabilität der Niere für Glukose (H. J. Hamburger und D. J. de Waard). Schickt man durch das Gefäßsystem der Froschniere eine Salzlösung mit 0,7 % NaCl, 0,02 % NaHCO₃, 0,01 % KCl und 0,0075 % CaCl₂ (Ringersche Lösung), die Glukose enthält, und fängt den Urin auf, so werden 0,03 % der Glukose zurückgehalten. Dies ist nicht der Fall, wenn man das K in der Lösung wegläßt. Dagegen kann man es ersetzen durch andere radioaktive Substanzen, aber nicht in äquimolekularen Mengen, sondern in Mengen gleicher Radioaktivität. Es entsprechen den 0,01 % KCl 0,0015 % U(NO₃)₄, oder 5 · 10⁻⁶ mg RaBr₂ per Liter. Bei Verwendung von schwächeren oder stärkeren Dosen wird keine Glukose zurückgehalten. Diese Erscheinungen erklären den Widerspruch zwischen der schädlichen Wirkung des Uraniums und der günstigen Wirkung minimaler Dosen Uraniums in der Behandlung der Zuckerkrankheit nach Hughes und West. — (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, tome 165, 1917.) E. Rudin.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 6.

7. Februar 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Das Wandern der Pflanzen. Von Prof. Dr. Hugo de Vries, Lunteren. S. 81.

Der innere Aufbau der Sterne. Von Dr. Arnold Kohlschütter, Potsdam. (Schluß) S. 89.

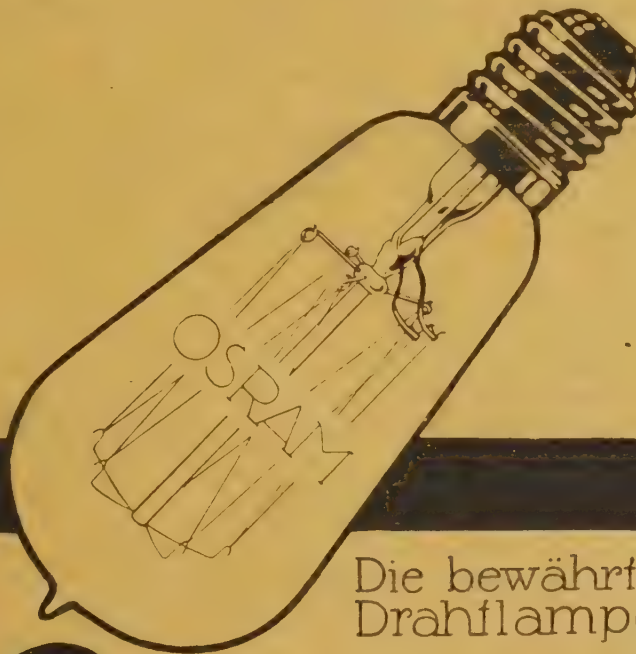
Besprechungen:

Degener, P., Die Formen der Vergesellschaftung im Tierreich. Von K. Escherich, München. S. 92.
Hoffmann, Bernhard, Führer durch die Vogelwelt zum Beobachten und Bestimmen der häufigsten Arten durch Auge und Ohr. Von H. Schalow, Berlin-Grünevald. S. 93.

Lichtwitz, L., Klinische Chemie. Von H. Freund, Heidelberg. S. 94.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene Rückbildungsvorgänge am Eierstock des Haushuhnes (*Gallus domesticus*). Xerophytencharakter der Hochmoorpflanzen. Eine Verbesserung des Gasglühlichtes. Herstellung künstlicher Kohle in Norwegen. S. 94—96.



Die bewährte
Drahtlampe

Osram

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 12 24 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten

Inhaber: Prof. Dr. Hugo Krüss,
Hamburg 11.

Die großen Handbücher



von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. zur Erleichterung der Anschaffung gegen bequeme Monats- oder Quartalsraten ohne Preisauflschlag von

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Klinische Chemie

Von

Professor Dr. med. L. Lichtwitz,
ärztlicher Direktor am Städtischen Krankenhause zu Altona

Mit 13 Textfiguren

Preis M. 14.—; gebunden M. 16.60

(Siehe Besprechung in dieser Nummer!)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

7. Februar 1919.

Heft 6.

Das Wandern der Pflanzen.

Von Prof. Dr. Hugo de Vries, Lunteren.

Nur die allerjüngsten Pflanzenarten leben noch dort, wo sie entstanden sind. Weitaus die meisten haben sich mehr oder weniger verbreitet, und im allgemeinen kann man sagen, daß diese Verbreitung um so bedeutender geworden ist, je älter die Art ist, d. h. je längere Zeit sie für ihre Wanderungen gehabt hat. Nach kürzerer oder längerer Zeit sterben die Arten aber aus, und von den weit verbreiteten sind somit wahrscheinlich die meisten bereits längst verschwunden. Doch sind aus ihnen neue Arten und oft Gruppen von Arten hervorgegangen und so liegen oft die Verbreitungsmittelpunkte für verwandte Gattungen und Familien in großer gegenseitiger Entfernung. Dementsprechend ist die Verteilung der Pflanzen über die Erde das Ergebnis früherer Wanderungen, und dieses gilt sowohl für die Arten als für die Gattungen und Familien. (Man kann sie als einen großen Stammbaum beschreiben, den man von oben betrachten würde. Die stärkeren Äste bedingen die geographischen Bezirke, welche ja in weit höherem Grade durch gemeinschaftliche Abstammung als durch gleiche klimatische und andere äußere Umstände bestimmt werden. Die feineren Zweige wachsen durcheinander, zum Teil auf den Grenzen der Bezirke, zum Teil aber auch, weil einzelne Äste sich weit zwischen den andern hindurch verzweigen.)

Es gibt somit zwei Hauptgruppen von Ursachen der geographischen Verbreitung. Die eine umfaßt die Umbildungen der Arten und die Entstehung neuer Formen aus den vorhandenen. Die andere bezieht sich auf *die äußeren Lebensbedingungen, welche einerseits diese Umwandlungen hervorriefen und andererseits eine raschere oder trägere Wanderung gestatteten*. Diese letztere Frage muß wesentlich auf Grund unmittelbarer Beobachtungen behandelt werden, und diese Seite des Problems bildet somit *die Aufgabe für die vorliegende Besprechung*. Mit Alphonse de Candolle wollen wir dabei Migrationen auf weiten und solche auf kurzen Entfernungen unterscheiden. Er war wohl der erste, der die Oberfläche der Erde in eine gewisse Anzahl von Distrikten einteilte. Jeder Distrikt hat seine eigene, von den benachbarten Gegenden meist scharf und deutlich unterschiedene Flora, welche in seinen verschiedenen Teilen überall im wesentlichen dieselbe ist. In dieser Weise fand er, daß ungefähr 90 % von allen beschriebenen Arten nur in je einem Distrikte wachsen und somit seit ihrer Ent-

stehung nur unbedeutende Wanderungen gemacht haben. In vielen Familien findet man nur 1—5 % ihrer Arten, in wenigen etwa 10—15 % in zwei Distrikten, und solche Arten bewohnen in der Regel die Grenzgebiete.

Hieraus geht hervor, daß bedeutende Wanderungen im Pflanzenreich eigentlich nur Ausnahmen sind. Und diese Folgerung wird sehr auffallend, wenn man damit die rasche Verbreitung von Arten vergleicht, welche den Wegen der Menschen folgen. Es ist deutlich, daß der Mensch hier, z. T. willkürlich, z. T. unabsichtlich, sehr stark in das Treiben der Natur eingreift. Aber gerade diese unnatürlichen Verbreitungen sind am oftesten und am eingehendsten studiert und beschrieben worden, und eigentlich liegen nur hier die Tatsachen so klar und so sicher vor, daß man sich ein genaues Urteil bilden kann. Unsere Behandlung wird also von solchen Fällen auszugehen haben.

Wir stoßen dabei sofort auf eine Schwierigkeit. Es ist eine geläufige Annahme, daß das Wandern selbst Artumbildungen zu bedingen pflegt, daß die Arten sich verändern, je weiter sie sich von ihrem Entstehungsorte entfernen, und daß gerade dieses eine der wesentlichsten Ursachen der Neubildung von Arten ist. Aber die zur Stütze dieser Ansicht angeführten Tatsachen sprechen in der Regel mehr oder weniger klar gegen sie, weil ja jeder einzelne Fall sich auf die Verbreitung einer bestimmten Art bezieht, welche sich daher nicht verändert hat. Denn gerade auf der völligen Übereinstimmung der Individuen aus verschiedenen Gegenden beruht der Beweis, daß sie zu einer und derselben Art gehören. Hat die Form sich in mehrere gespalten, so wird die Zusammengehörigkeit Sache der theoretischen Anschauung und ist nicht länger durch die *Beobachtung* gesichert. Unveränderlichkeit der Arten ist Grundbedingung für diese Studien, nur so weit diese vorhanden ist, sind ihre Ergebnisse als Tatsachen hinzunehmen. Und daraus schließen wir, daß das Studium der jetzigen Pflanzenwanderungen gar nicht geeignet ist, direkte Beweise für die Abstammungslehre aufzudecken. Selbstverständlich haben die Arten sich verändert, und dieser Vorgang muß ganz gewöhnlich während der Wanderungen stattgefunden haben. Daraus geht aber noch nicht hervor, daß es durch sie *hervorgerufen* worden ist, oder daß das Wandern die Ursache oder auch nur eine der wesentlichsten Ursachen der Neubildung von Arten ist. Diese Neubildung könnte ganz unabhängig davon stattgefunden haben, ohne daß dadurch die sichtbaren

Ergebnisse andere geworden wären. Somit ist die Hypothese der Umbildung der Arten infolge ihrer Wanderungen sowohl überflüssig als unbegründet.

Gewöhnlich bezieht man sich auf die Lebensbedingungen um die wundervoll schönen Anpassungen der Pflanzen an ihre Umgebung zu erklären. Es ist uns ein Bedürfnis, die Harmonie der Natur zu bewundern, und wir glauben gerne, sie überall zu finden. Tatsache ist, daß die Pflanzen im allgemeinen geeignet sind für die Umstände, unter denen sie leben, und diese Tatsache muß irgend eine Ursache haben, ebenso gut wie die komplizierten Einrichtungen, welche gewissen Pflanzen das Leben unter sehr speziellen Bedingungen ermöglichen. Aber in solchen Betrachtungen hat man sich vor einem großen Irrtum zu wahren. Wir wünschen die Anpassung der Pflanzen an ihre gegenwärtige Umgebung zu erklären und nehmen dazu stillschweigend an, daß sie unter denselben oder doch nahezu denselben Umständen entstanden sind. Aber dem ist in der Regel nicht so. Die Lebensbedingungen sind viel stärkeren und häufigeren Wechselungen unterworfen als die Arten selbst. Zahlreiche Arten sind viel älter als ihre jetzige Umgebung. Von ziemlich vielen, jetzt ganz gewöhnlichen Arten weiß man, daß sie älter sind als die Eiszeit, weil man ihre fossilen Überbleibsel in den oberen tertiären Schichten aufgefunden hat. So z. B. von der Krebssehne (*Stratiotes aloides*). Wie können wir wissen, unter welchen Umständen solche Arten entstanden sind? Gewöhnlich hört man die Antwort, daß sie an die gegenwärtigen Bedingungen angepaßt sind und somit unter solchen entstanden sein müssen. Aber es ist deutlich, daß eine solche Antwort nur ein Ringschluß, ein *circulus vitiosus* ist, in welchem dieselbe Sache für Ursache und für Folge genommen wird.

Genau dieselbe Schlußfolgerung gilt, wenn wir unsere Betrachtung auf solche Arten ausdehnen, welche nicht auf eine kleine Gegend beschränkt sind. Sie leben in der Regel an verschiedenen Stellen unter ähnlichen, aber keineswegs immer unter genau denselben Bedingungen. Und je genauer wir die verschiedenen Fundorte vergleichen, um so erheblichere Differenzen stellen sich zwischen ihnen heraus. Dieses gilt für Klima und Boden, und in höherem Grade für die Pflanzen, mit denen sie um ihre Existenz zu kämpfen haben, sowie für die nützlichen und schädlichen Tiere. Betrachtet man die Art als allen diesen verschiedenen Umgebungen in gleicher Weise angepaßt? Das braucht man offenbar nicht, weil sie an einigen Stellen sich stärker zu vermehren pflegt als an anderen. Wie können wir aber entscheiden, unter welchen von den gegebenen Umständen sie entstanden sind? Man würde geneigt sein, als solche jene zu wählen, welche *jetzt* die günstigsten sind, aber die Erfahrung lehrt, daß diese Folgerung irrig sein muß, da ja so manche Arten viel kräftiger wachsen und sich viel schneller vermehren

in Ländern, in welche sie erst neulich eingeführt worden sind:

Tüchtigkeit für die jetzigen Lebensbedingungen kann somit in der Regel nicht als eine Folge von Anpassung betrachtet werden, und wir müssen auf frühere hypothetische Lebenslagen zurückgreifen, um die so hoch bewunderten Beziehungen erklären zu können. Solche Betrachtungen werden somit zu gefälligen, mehr oder weniger wahrscheinlichen, oft sehr dichterischen Behauptungen, denen gewöhnlich jedes Mittel zu einer positiven Entscheidung fehlt. Je mehr wir das große Prinzip der Anpassungen in Einzelheiten auszuarbeiten versuchen, um so mehr verlieren wir uns in Spekulationen.

Im allgemeinen sind die Pflanzen keineswegs über solche Gebiete weit verbreitet, welche die günstigsten Lebensbedingungen für sie bieten. Sie vermehren sich einfach dort am stärksten, wo sie zufällig keine kräftigeren Gegner vorfinden. Ein schönes Beispiel liefern die Wüstenpflanzen, welche in so wundervoller Weise geeignet sind, die Härte solcher extremen Einflüsse zu ertragen. Sie ziehen aber in der Regel eine günstigere Lage weit vor. Wählen wir den Kreosotstrauch (*Larrea tridentata*). Ich hatte in Arizona und Kalifornien die Gelegenheit, ihre Verbreitung eingehend zu studieren, und auch andere haben ihre Verhältnisse beschrieben. Dieser Strauch ist eine der gemeinsten Arten der Wüsten jener Gegenden. Oft findet man auf weiten Strecken nur ihn, an anderen Stellen ist der Boden auch für andere Arten erträglich, und man sieht den Kreosotstrauch mit solchen gemischt. Dieser nimmt mit fast jedem Boden vorlieb und kommt somit hier mit diesen, dort mit anderen, mehr spezialisierten Arten zusammen vor. Namentlich aber erträgt er fast jeden Wassergehalt des Bodens. In dünnen Gegenden erreichen seine Wurzeln eine Länge von mehreren Metern und können somit noch aus ganz tiefem Grundwasser den geringen Verdunstungsverlust der kleinen lederartigen Blätter ersetzen. Aber je wasserreicher der Boden ist, um so günstiger ist er für ihn, um so stärker und höher wird er. Um das Fort Lowell bei Tucson in Arizona ist der Boden, in der Mitte der großen Wüste, niedrig und feucht und von einem Bache durchzogen. Hier wird die *Larrea* so groß und stark, daß ich sie zuerst gar nicht erkannte. Breite dunkelgrüne Blätter in dichter Belaubung gaben den Eindruck einer vollen Gesundheit und eines kräftigen Wachstums im Vergleich mit den ärmlichen und schwächtigen Sträuchern der trockenen Wüste. Früchte werden von den letzteren spärlich, von den ersteren in großer Menge ausgebildet. Es ist ganz klar, daß nicht die Wüste, sondern die Ufer eines Baches als normale Lebenslage für unsere Pflanze zu betrachten sind. Einen trockenen Boden erträgt sie aber besser als andere Sträucher, und deshalb vermehrt sie sich in der Wüste so ganz außerordentlich. Aber sie *erträgt* die Wüste

nur, sie liebt sie nicht. Sie bleibt klein und dünnbeblättert unter ihrem Einflusse.

Der Kreosotstrauch besitzt somit das Vermögen, mit sehr wenig Wasser zufrieden zu sein. Hat er diese Eigenschaft gleichzeitig mit seinen übrigen Merkmalen entwickelt oder erst nach diesen? Wir wissen es nicht. Wir sehen nur, daß die Art für zwei ganz entgegengesetzte Gruppen von Lebensinflüssen geeignet ist. Und da sie nur an einer Stelle entstanden sein kann, muß sie diese beiden Richtungen wohl gleichzeitig ausgebildet haben. Eine feuchte Umgebung kann nach der geläufigen Ansicht nicht die Anpassung an die Wüste bewirkt haben, eine trockene nicht die an Bäche, und somit entbehrt diese Auffassung hier der unerläßlichen Stützen. Und so ist es in zahlreichen anderen Fällen. Selbst die Kaktuspflanzen, welche anscheinend so ausschließlich für die Wüste ausgestattet sind, wachsen doch besser auf feuchterem Boden und oft sogar in der feuchten Luft der Wälder.

Einige Schriftsteller haben die Behauptung ausgesprochen, daß Wanderungen von Arten kaum je gelingen würden, wenn sie nicht von entsprechenden *Umbildungen der Eigenschaften* begleitet wären. Es liegt kein Grund vor, diese Meinung anzuzweifeln, aber die *Fähigkeit* zu den betreffenden Umbildungen kann bereits vor der Wanderung erhalten worden sein. Die betreffenden Beobachtungen entscheiden somit nichts über die *Ursache* der Umbildung. Dazu kommt, daß Pflanzen, wenn sie auf ihren Wanderungen Umstände finden, welche sie gar nicht ertragen können, auch gar nicht gedeihen werden. Sie können sie nicht so lange ertragen, bis es ihnen gelingt, sich an sie anzupassen. Über diesen Punkt sind in früheren Zeiten zahlreiche Versuche gemacht worden, und es lohnt sich, einige davon in Erinnerung zu bringen.

Im *Bois de Boulogne* bei Paris haben die Gärtner des dortigen botanischen Gartens während vieler Jahre die übriggebliebenen Samen ihrer Kulturen mit freier Hand ausgestreut, indem sie so viel wie möglich für jede Sorte die geeigneten Stellen aussuchten. Viele Arten haben gekeimt und geblüht und sich während einiger Jahre behauptet. Dann verschwanden sie. Andere starben schon nach dem ersten Jahre; die meisten keimten wohl gar nicht. Nur wenigen gelang es, sich zu verbreiten, und schließlich ist aus vielen Tausenden nur eine einzige einheimisch geworden. Es war dies *Potentilla pennsylvanica*, eine nordamerikanische Art. Eine ähnliche Erfahrung haben *Nissola* und *Gouan* bei Montpellier gemacht. Sie notierten von 1770 bis 1810 alle Arten, welche in der Umgebung des Hafens blühten, wo sie hervorgewachsen waren aus Samen, welche mit den verschiedenen Artikeln des Großhandels, und namentlich mit Wolle, eingeführt waren. Einige Arten hielten sich kurze Zeit, um dann auszusterben, die meisten erreichten nur ein oder zwei Jahre. Am Ende blieb keine von allen übrig.

Ebenso bei Florenz, wo *Targioni Tozzetti* die Ankömlinge aufschrieb. Bei Montpellier wiederholte *Godron* später die Untersuchung und veröffentlichte eine Liste der Neuheiten in seiner *Flora juvenalis*. Diese umfaßt 387 Arten, welche sämtlich wieder verschwunden sind, mit Ausnahme von zwei. Eine von diesen ist eine Distel, *Onopordon vitens*, und die andere eine Wasserpflanze, *Jussiaea grandiflora*, beide haben sich eingebürgert und sind gemeine und lästige Unkräuter geworden. Ebenso wurden *Galinsoga parviflora* und *Corispermum Marshalli* vor etwa einem Jahrhundert zufällig in Holland eingeführt; sie vermehrten sich stellenweise stark und sind jetzt an den betreffenden Orten gemeine Unkräuter der Äcker, ohne sich aber ein größeres Gebiet erobern zu können.

In diesen und vielen ähnlichen Fällen ist das Ergebnis, daß einige wenige Arten von Anfang an für die neue Umgebung geeignet sind, während die übrigen nach kürzerer oder längerer Frist aussterben. Die ersteren verändern sich dabei ebenso wenig wie die letzteren; von einer Umbildung unter dem Einflusse der neuen Lebenslage hat man nie etwas bemerken können.

Kehren wir aber zu solchen Arten zurück, denen das Vermögen innewohnt, unter ganz entgegengesetzten Bedingungen leben zu können. Eine Art Knöterich verdankt gerade dieser Eigenschaft ihren Namen und heißt der ortwechselnde Knöterich (*Polygonum amphibium*). Sie wächst mit langen-horizontalen Stengeln und schwimmenden Blättern im Wasser und daneben auf ziemlich trockener Erde mit aufrechter Gestalt. Die Blattscheiben sind im ersteren Falle dunkelgrün, glänzend und unbehaart, im letzteren graufilzig. Aber diese beiden Formen sind Zweige derselben Individuen und können durch einfaches Umpflanzen ineinander übergeführt werden. Die Differenzen sind aber so groß, daß oft beide Formen für verschiedene Arten gehalten werden, und es ist mir von meinen Reisen ein Fall innerlich, wo man einen neuen Weiher gegraben hatte, aber die Wasserleitung erst viel später anlegen konnte. Der trockene Weiher füllte sich mit den aufrechten Knöterichen, welche reichlich blühten. Aber wie erstaunt waren die Leute, als nach der Füllung mit Wasser plötzlich diese Pflanzen verschwanden und von Knöterichen mit schwimmenden Blättern ersetzt wurden. Doch war die Erklärung eine sehr einfache. Wo hat der ortwechselnde Knöterich diese merkwürdige Eigenschaft erlangt? Vielleicht am Ufer eines Baches. Aber man kann doch kaum annehmen, daß der eine Zweig sich unter dem Einflusse der Lebenslage anders ausgebildet habe als der andere. Noch deutlicher ist dieses in dem Beispiele vieler Alpenpflanzen, welche in der Nähe der Schneegrenze niedrig bleiben, mit dicht verzweigten Stengeln und schmalen harten Blättern, welche aber, wenn man sie in die Ebene verpflanzt, sofort höher und schlanker, schöner und reicher beblättert werden.

Haben sie diese Eigenschaft, sich an die Ebene anzupassen, auf den hohen Alpen erworben? Wahrscheinlich ja, aber dann nicht unter dem Einflusse entsprechender Bedingungen. Wir sehen hier somit überall dasselbe: die *Anpassung an eine neue Umgebung beruht auf Eigenschaften, welche die Arten bereits besaßen, bevor sie dort anlangten, nicht aber auf Umänderungen unter dem Einflusse der neuen Lebenslage*. Neu ist nur die Gelegenheit, andere Merkmale zur Entfaltung zu bringen, die Merkmale selbst sind aber so fest und so alt wie die Art selbst.

Es ist eine ganz gewöhnliche Erfahrung, daß viele Pflanzen, wenn sie in eine neue Gegend eingeführt werden, sich dort als besser ausgerüstet erweisen als die einheimischen Arten. Eine rasche Verbreitung ist dann die Folge, und nur zu oft wird die ursprüngliche Bevölkerung dadurch zum Verschwinden verurteilt. Hier ist es ganz klar, daß die Bedingungen des neuen Vaterlandes nicht die Ursache der entsprechenden Anpassung sein können; im Gegenteil sind es die alten Eigenschaften der Eindringlinge, welche ihren Erfolg sichern. In ihrem früheren Vaterlande wuchsen sie aber nicht so rasch, denn meist kommt die große Vermehrung ganz unerwartet. Den dortigen Einflüssen waren sie somit nicht so gut angepaßt wie den neuen. Wenn dies nun für die Arten gilt, von denen die Einfuhr in eine Gegend historisch bekannt ist, so dürfen wir doch wohl annehmen, daß auch dort, wo wir die Geschichte nicht kennen, gar häufig ähnliche Bedingungen obwalteten. Wenigstens dürfen wir das Gegenteil nie als gesichert annehmen. Sogar die schönsten und am weitesten spezialisierten Anpassungen sind von diesem Einwande nicht frei. Insektenfressende Pflanzen können in Gegenden entstanden sein, wo sie einen wesentlichen Teil ihrer Nahrung in dieser Weise gewinnen mußten, aber es scheint mir ebensogut möglich zu sein, daß sie die betreffenden Eigenschaften an solchen Orten ausbildeten, wo diese für sie nutzlos waren.

Von diesem Standpunkte aus mögen jetzt einige der bekannteren Fälle von Pflanzenwanderungen betrachtet werden. Die Wasserpest, *Elodea canadensis*, wurde vor ungefähr achtzig Jahren aus Amerika nach Europa gebracht und hat sich seitdem überall so schnell vermehrt, daß sie ihren Namen völlig verdient. Aber die eingeführte Pflanze war eine weibliche; männliche Exemplare kamen nicht mit. Sie kann sich also nur auf ungeschlechtlichem Wege vermehren und würde sich nur auf diesem verändern können. Knospenvariationen sind von ihr aber nicht bekannt geworden. Ihre Anpassung an die hiesigen Bedingungen hat somit *ohne jede Veränderung* stattgefunden, ist aber dennoch eine ungemein starke. Ebenso verhält sich der Kalmus, *Acorus Calomus*, jetzt eine der verbreitetsten Arten an den Ufern von Kanälen und Teichen. Vor einigen Jahrhunderten aus Asien eingeführt, blüht er bei uns ganz

regelmäßig, setzt aber niemals Samen an. Die Vermehrung geschieht durch die Wurzelstöcke und ohne jegliche Veränderung.

Graebner unterscheidet verschiedene Haupttypen von Pflanzenwanderungen. Unter diesen gibt es gelegentliche Wanderungen, in denen die Einfuhr als Unkräuter unter Samen und anderen Waren durch den Handel herbeigeführt wird. Häfen und Eisenbahnen bieten die geläufigsten Beispiele. Die russische Distel (*Salsola Kali*) ist namentlich in Nordamerika dafür bekannt, daß sie vorzugsweise die Eisenbahnen zu ihren Reisen benutzt. Teilweise wird sie mit Wolle und anderen Waren transportiert und verbreitet sich dann von den Stationen aus, wo die Waren umgeladen werden. Teilweise reist sie auf eigene Gelegenheit, indem der Wind die ganzen Pflanzen als große lockere Ballen voll Samen der Bahn entlang rollt. In den Staaten Dakota hat sie sich in dieser Weise bereits ein großes Gebiet erobert, wo sie den Kulturen oft sehr lästig wird. Aber solche Fälle sind selten, denn meist führen, wie wir ja auch oben gesehen haben, die gelegentlichen Einfuhren nicht zu einer bleibenden Ansiedelung. *Amaranthus retroflexus* wurde 1733 aus Amerika zufällig bei Venedig eingeführt. Die kleinblütige Balsamine, *Impatiens parviflora*, entschlüpfte 1830 dem botanischen Garten in Genf und später aus verschiedenen anderen Gärten. Beide Arten sind nun stellenweise gemein, und zwar so, daß man sie nicht von den echten einheimischen Arten würde unterscheiden können, wenn die Herkunft nicht zufällig bekannt wäre. Die kanadische Dürrwurze, *Erigeron canadensis*, wurde etwa ein Jahrhundert vor *Linnaeus'* Zeiten aus Canada nach Paris geschickt, aber der große Systematiker kannte sie als eins der gemeinsten Unkräuter in Frankreich, Deutschland, Holland und England. Seitdem hat das Kraut seinen Weg nach Rußland gefunden. Zahlreiche europäische Unkräuter sind mit Schiffen nach St. Helena gelangt, wo viele sich rasch verbreitet und die ursprüngliche Flora nahezu völlig verdrängt haben. Eine Art von Gänsefuß, *Chenopodium ambrosioides*, wurde dort unweit Burchell auf St. Helena versuchsweise ausgesät, aber innerhalb vier Jahre wurde sie zu einem gemeinen Unkraut über die ganze Insel. Es gibt dort jetzt nur noch etwa fünfzig einheimische Arten, während weit über siebenhundert Spezies eingeführt worden sind und sich verbreitet haben. Viele ozeanische Inseln liefern Beispiele zu derselben Regel und beweisen dadurch, daß die einheimische Flora gewöhnlich nicht aus gerade denjenigen Pflanzenarten besteht, für welche das Klima und der Boden am meisten geeignet sind. Nur höchst selten scheint die Umgebung die einheimischen Arten zu einem solchen Grade der Anpassung erziehen zu können, daß sie imstande wären, fremden Eindringlingen, die doch unter ganz anderen Bedingungen entstanden sein müssen, zu widerstehen.

Dryas octopetala, die schöne achtblättrige Dryade

der Alpen, verbreitet sich in Norwegen und in andern Ländern. Die strahllose Kamille, *Matricaria discoidea*, erobert sich fast überall leicht neue Wohnstätten, und nicht nur in Europa, sondern sogar in Kalifornien, wo ich sie unweit San Francisco in großen Mengen beobachten konnte. Die Nopadistel, *Centaurea Melitensis*, ist eines der gemeinsten Unkräuter in diesem Staate, benutzt die Landstraßen zu ihren Wanderungen und wächst oft diesen entlang über stundenlange Strecken in fast ununterbrochenem Bande. Dennoch wurde sie erst vor kurzem aus Europa eingeführt. Ein alter Botaniker in Riverside, *Parish*, hat während mehr als dreißig Jahren regelmäßig die neuen Einführen notiert und die rasche Verbreitung zahlreicher Arten beschrieben. Langsam sah er die einheimische Flora sich vor den kräftigen Einwanderern zurückziehen, und manche schöne Art kam dem Verschwinden gar nahe. Für die Faroe-Inseln hat *Warming* dieselbe Erscheinung beschrieben. Sie waren während der Eiszeit vom Eis bedeckt und ihre Flora ist somit eine verhältnismäßig junge, da ihre sämtlichen Arten seit jener Periode eingeführt worden sein müssen. Dennoch besitzen sie keine einzige endemische Art, wenn man die überall so vielförmige Gattung der Habichtskräuter oder *Hieracium* ausnimmt. Die ganze Flora besteht aus 285 Arten, von denen viele aus England herrühren, und wohl als Regel mit Schiffen angelangt sind. Diese Gruppe umfaßt nahezu die Hälfte aller Formen, während die übrigen wohl zumeist früher durch den Wind oder durch Meeresströme transportiert wurden. Eine solche Flora muß offenbar eine biologisch völlig neue Umgebung für die späteren Ankömmlinge bilden, aber dennoch hat sie, in einer so langen Periode, keine einzige von diesen merklich umändern können. Man kann sich schwierig günstigere Bedingungen für Artumwandlungen denken als auf diesen Inseln. Wenn je, so müßte die Umgebung hier artbildend eingreifen; wenn nicht, so darf man eine solche Wirkung nirgendwo als wahrscheinlich voraussetzen. Zahlreiche Arten sind offenbar auch jetzt noch auf Wanderungen begriffen, da sie die Grenzen des ihnen zusagenden Klimate und Bodens noch nicht erreicht haben. Solche Arten besitzen die Anforderungen an Verbreitung und an den Kampf ums Dasein mit den verschiedensten Gruppen von Lebewesen, ohne dazu irgendwelche Veränderung ihrer Eigenschaften zu bedürfen. Das Frühlings-Kreuzkraut, *Senecio vernalis*, wächst in Deutschland sehr zerstreut in Wäldern und auf Ackerrainen, aber ist überall sehr unbeständig. Es verschwindet hier, um dort wieder aufzutauchen. Aber nach dem Nordwesten hat es sich innerhalb etwa eines halben Jahrhunderts zu einem gefürchteten Unkraute vermehrt. Auch Neuseeland verliert allmählich einen Teil seiner ursprünglichen Flora, während die europäischen Eindringlinge in gleichem Verhältnis zunehmen. Im allgemeinen kann man sagen, daß nur dort, wo Klima und Bo-

den den eingeführten Arten günstig sind, diese sich ansiedeln können, sonst gehen sie einfach zugrunde. Vorher erworbene Tüchtigkeit für das neue Leben ist überall die Bedingung; wo dieser nicht genügt ist, wird der Fremde nicht hereingelassen. Sich anpassen kann, soweit die Erfahrung reicht, wohl keine einzige Pflanzenart.

Ein auffallendes Beispiel ist der Glasschmalz, *Salicornia herbacea*. In Europa wächst er überall an der Meeresküste auf lehmhaltigem Boden. Er wurde nach Amerika übergeführt und hat dort von See zu See sich verbreitet, überall wo der Salzgehalt des Bodens ihm die erforderlichen Bedingungen bot. Er erreichte sogar das große Salzmeer in Utah im Zentrum der Vereinigten Staaten und wächst hier in fast noch ungeheurer Menge als bei uns in Holland, und zwar trotz des viel wärmeren Klimas und des viel größeren Salzgehaltes jenes großen Sees (etwa 20 % Chlor-natrium). Hier hat die Pflanze somit offenbar ganz andere Bedingungen gefunden als bei uns, aber sie erwies sich als für diese geeignet und hat sich unter ihrem Einflusse, so viel man sehen kann, noch gar nicht verändert. Arten, welche vom Menschen herübergeführt waren und an die neue Lebensweise angepaßt sind, werden bald von seiner Hilfe unabhängig. Sie bilden eine der wichtigsten Gruppen auf dem hier studierten Gebiete. Aber sie bedürfen weder der Straßen und der Wege, noch auch der Äcker und ihrer alljährlichen Bearbeitung, um ihre neue Heimat zu einem wirklichen Vaterlande zu machen. Auf die Dauer werden sie zu guten einheimischen Arten, und sie lassen vermuten, daß gar viele der älteren Formen früher in derselben Weise eingeführt worden sind. Allerdings gibt es auch Arten, welche diesen Zustand nur anscheinend erreichen, welche aber tatsächlich auf eine oft wiederholte Einfuhr angewiesen sind, um sich zu behaupten, wie so manche schöne Unkräuter unserer Getreidefelder, wie die Kornblume, der Stechapfel usw. Zu den älteren, vermutlich in früheren Zeiten vom Menschen eingeführten Arten rechnet man bei uns den Wermut (*Artemisia Absinthium*), die Osterluzi (*Aristolochia Clematitis*), das Sinngrün (*Vinca minor*) und manche andere hübsche Form.

Die Bevölkerung neuer Böden ist gleichfalls ein wichtiger Fall von Pflanzenwanderung. In Holland kann man die Erscheinung oft beobachten, wenn Seen oder Meeresarme trockengelegt und zu Poldern gemacht werden. Die Strand-Sternblume (*Aster Trifolium*) und das Sumpfkreuzkraut (*Cineraria palustris*) kommen zuerst und bedecken bald den Boden in Millionen von Individuen, wobei die erstgenannte Art die salzigen Ufer, die letztere aber die Polder mit süßem Wasser bevorzugt. Andere folgen langsam, aber es dauert doch nicht lange, bis sie die ersteren überwunden haben. Dabei hält sich die Sternblume wohl stets stellenweise, oft den Deichen entlang in langen Reihen, während das

Kreuzkraut nach einigen Jahren meist völlig verschwindet. In unseren Dünen behaupten sich die alten Eindringlinge vorzüglich, bis-allmählich der Kalk aus dem Boden durch das Regenwasser ausgelaugt wird und sich damit neue Wachstumsbedingungen einstellen. Viele Arten sterben dann aus und das Heidekraut macht seinen Einzug mit allen jenen Arten, welche gleichfalls einen kalkarmen trockenen Boden lieben. Aber weder die ursprünglichen Bewohner, noch die neuen *verändern* sich in dem Prozesse. Die ersteren gehen zugrunde, die letzteren vermehren sich, aber für die Umänderungslehre bieten beide Gruppen keine Stützen. Eine schöne Beschreibung ähnlicher Vorgänge am Ufer der Donau verdanken wir *Beck*. Auf dem nackten Sande, wie er zuerst vom Wasser und vom Winde angehäuft wird, siedeln sich Arten von Knöterich und von Gänsefuß an, und zwischen diesen können die Samen von Weiden, Pappeln, Erlen und Myrikaria (*Myricaria germanica*) keimen. Dann folgen zahlreiche Arten von Kräutern, namentlich solche mit kriechenden Rhizomen, und es differenziert sich die Flora auf den trockenen und den feuchten Stellen. Im Kampfe ums Dasein zwischen den Sträuchern überwinden die Pappeln die anderen, und die Lage wird jetzt auch für Ulmen günstig. Solche Kämpfe sieht man wohl überall, wo neue Böden bewachsen werden. Die eine Art vermehrt sich, während die andere verdrängt wird, aber keine *verändert* sich bei dem Prozesse. Allerdings ist in zahlreichen Fällen die Dauer der ganzen Erscheinung zu kurz, um kleinen Umbildungen zu gestatten, sich anzuhäufen. In anderen Arten dauert der Vorgang aber bereits mehrere Jahrhunderte, und dennoch sieht man keinen Erfolg. In der Regel kommen zuerst jene Arten aus der benachbarten Gegend, deren Samen leicht vom Winde oder von Vögeln transportiert werden. Allmählich nimmt ihre Zahl zu, aber dann kommen Formen aus weiter entfernten Gebieten, von denen einige wohl besser für die betreffende Stelle geeignet sind. Dadurch nimmt der Kampf ums Dasein zu, und die ersten Einsiedler werden jetzt allmählich verdrängt. Die anfänglich reiche Flora wird einförmiger und ärmer. Je höher die Arten organisiert sind, um so weniger taugen sie, während die groben Typen, mit weniger auffallenden Anpassungen, sich den neuen Bedingungen am leichtesten fügen und schließlich zum Hauptbestande werden.

In den Rocky Mountains in Nordamerika kann man ähnliche Veränderungen der Flora beobachten. Die ganze Pflanzenwelt ist hier noch jung; einige Arten kommen vom Osten, andere vom Westen herein, aber *ohne sich dabei merklich zu verändern*. Allerdings gibt es eine Reihe von Formen, welche nur in jenem Gebirge gefunden werden, und welche dort, aller Wahrscheinlichkeit nach, seit der Eiszeit entstanden sind. Wann und durch welche äußeren Ursachen sie hervorgerufen wurden, weiß man natürlich nicht, aber die Annahme, daß damals die Lebensbedingungen dort

dieselben waren wie jetzt, ist doch wohl die unwahrscheinlichste, die man machen könnte.

Schließlich wollen wir noch die Wasserpflanzen in den Kreis unserer Betrachtungen hereinziehen. In der Regel gehören sie zu den am weitesten verbreiteten Arten; ihr Gebiet pflegt ein viel ausgedehnteres zu sein als dasjenige ihrer nächsten, auf festem Boden treibenden Verwandten. Die mit unserem Sonnentau (*Drosera*) verwandte insektenfangende *Aldrovanda* (*A. vesiculosa*) scheint durch die Einrichtung ihrer Blätter zum Fangen und Verdauen von aller Art kleinen Wassertierchen gar nicht besser für ihre Lebenslage geeignet zu sein als die anderen Pflanzen derselben Sümpfe. Ihr Gebiet besteht selbstverständlich aus weitgetrennten Stellen, wie Sümpfe und Seen und der Transport von einem Orte zum anderen muß offenbar ein schwieriger und seltener sein. Dennoch sind die Fundorte über einen großen Teil Europas, in Deutschland, Rußland, Frankreich, Italien und Ungarn zerstreut. Auch kommt die Pflanze in Ostasien, im Indischen Archipel, in Australien und in Zentralafrika vor. Fast jeder Fundort ist unbegreiflich weit von allen anderen entfernt. Die größten Verschiedenheiten im Klima und Boden, und namentlich in der sich um Raum und Nahrung mitbewerbenden Lebewelt erträgt die *Aldrovanda* leicht und ohne Mühe, aber überall, ohne sich ihnen speziell anzupassen, oder doch wenigstens ohne dabei sichtbare Änderungen zu erleiden. Überall bleibt sie dieselbe.

In allen solchen Fällen beruht die Anpassung auf bereits vorher vorhandenen Eigenschaften, welche nicht erst unter dem Einflusse der neuen Umgebung erworben zu werden brauchen. Die sich rasch verbreitenden Arten sind, sozusagen, plastisch, aber Formen, denen diese Plastizität fehlt, bleiben lokal und können nicht oder nur sehr langsam aus ihrer Heimat herauswandern.

Wünscht man noch weitere Beweise, so kann man diese unter den von Pilzen verursachten verheerenden Krankheiten unserer Kulturgewächse finden. Gar oft sind solche aus Amerika nach Europa eingeschleppt worden oder umgekehrt. Die Kartoffelkrankheiten und der Meltau der Trauben unter den Pilzen, die *Phylloxera vastatrix* unter den Insekten sind jedem bekannte Beispiele, während der Colorado-Käfer der Kartoffeln vergeblich versucht hat, sich in Europa ein neues Gebiet zu erobern. Wenige wandernde Arten hat man auf ihren Zügen so eingehend beobachtet und verfolgt als gerade diese gefürchteten Krankheits-erreger, von keiner sind die morphologischen und physiologischen Eigenschaften, welche sie in stand setzen, auf ihren Wirten so vernichtend aufzutreten, mit solcher Ausdauer und mit solchem Erfolge studiert worden. Aber sie erwiesen sich als den neuen Lebensbedingungen im voraus vorzüglich angepaßt und brauchten dazu keine ein-

zige ihrer sichtbaren Eigenschaften zu verändern. Über große Teile der Welt sich verbreitend, erlitten sie dennoch deren hypothetischen artumbildenden Einfluß nicht.

Ericksson und andere haben die rasche Verbreitung des Rostes unserer Malven und verwandter Gattungen genau verfolgt. Der Pilz heißt *Puccinia Malvacearum* und kam zuerst 1869 von Amerika nach Spanien herüber. Drei Jahre später hatte die Krankheit bereits den Norden Frankreichs erreicht und in 1873 fand sie sich über dieses Land fast überall verbreitet. Ebenso wurde sie schon damals in Deutschland und England gelegentlich gesehen. Sobald dort einzelne zerstreute Stellen erreicht waren, ging die weitere Ausdehnung rasch vor sich, und zwischen 1876 und 1890 wurden auch Österreich, Ungarn, die Schweiz, Griechenland und Finnland infiziert. Sogar in Australien verfielen die Kulturen der Malven dem Übel bald, während Afrika erst 1885 erreicht wurde. Überall, wo die *Puccinia* anlangte, wurde sie bald zu einer gefürchteten Krankheit, welche die betreffenden Kulturen in hohem Grade erschwerte. Aber der Pilz veränderte sich dabei nirgendwo.

Wie die früheren Beispiele, lehren uns auch diese, daß Wanderungen keineswegs in der Regel von spezifischen Veränderungen begleitet werden. Solche mögen während der Umzüge vorkommen, ebensogut als in anderen Zeiten, aber es gibt gar keine Ursache, sie dann als die Folgen der veränderten Lebensbedingungen zu betrachten. Zu derselben Folgerung werden wir gelangen, wenn wir starke klimatische Veränderungen studieren, welche Pflanzenarten ohne Wanderungen, also an Ort und Stelle, getroffen haben.

Als Beispiel wähle ich die große afrikanische Wüste der Sahara. Einmal muß diese ganze Gegend wasserreich und mit einer üppigen Flora bedeckt gewesen sein. Regenfall und Feuchtigkeit machten den Boden ebenso fruchtbar wie jetzt noch manche der angrenzenden Gebiete. Aus irgend einem Grunde muß dann der Regen allmählich abgenommen und die Trockenheit entsprechend zugenommen haben. Vielleicht während Jahrhunderte, vielleicht während des größten Teiles der Dauer der quaternären Periode hat diese ganz langsame Veränderung auf die Lebewelt des früher reich grünenden Gebiets eingewirkt. Die Flora und Fauna müssen sich entsprechend langsam verändert haben, bis sie schließlich ihren jetzigen Charakter erreichten. Die Veränderungen bestanden aber im wesentlichen in dem Aussterben von Arten, zuerst von jenen, welche von den höheren Graden von Feuchtigkeit abhängen, dann von anderen, welche mit etwas weniger Wasser vorlieb nehmen konnten, und endlich von allen, welche die jetzigen schwereren Bedingungen nicht zu ertragen vermochten. *Battandier*, der die jetzige Wüstenflora sehr eingehend studiert hat, findet keine Ursache, um dabei spezifische Umwand-

lungen anzunehmen. Er weist darauf hin, daß gar viele der jetzigen Wüstenbewohner sogenannte monotype Gattungen darstellen, d. h. Gattungen, von denen wir nur eine einzige Art kennen. Hätte Anpassung an die zunehmende Trockenheit auch nur in geringem Grade stattgefunden, so würden doch wahrscheinlich die überlebenden Formen sich derart umgebildet haben, daß sie hier die eine und dort die andere nützliche Eigenschaft entwickelt hätten. Die Einförmigkeit wäre dann gebrochen, und in manchen Gattungen hätte eine kleine Gruppe von Arten den ursprünglichen einheitlichen Typus ersetzt. Dem ist nun aber nicht so, und daraus dürfen wir ableiten, daß diese monotypen Formen während der langen Austrocknungsperiode keine merklichen Veränderungen erlitten haben und jedenfalls nicht in der Richtung eines zunehmenden Widerstandsvermögens gegen Trockenheit. Die Zuchtwahl hat einfach die Arten mit tiefen Wurzeln, mit kleinen dicken Blättern, mit dicker und dichter Oberhaut und anderen entsprechenden Merkmalen gespart und alle übrigen ausgerodet. Sie entscheidet, was zugrunde gehen und was am Leben bleiben soll, sie ruft aber keine neuen Lebensformen hervor, um die alten untauglichen zu ersetzen.

Manche jetzt noch lebenden Arten hat man in den oberen tertiären Schichten in fossilem Zustande aufgefunden. Sehr bekannt sind die Zypresse der Sümpfe (*Taxodium distichum*) und die sich im Frühling mit blaßroten Blüten dicht bedeckende *Cercis siliquastrum*. Soweit man nach den Überbleibseln urteilen darf, haben sie sich in dieser langen Zeit nicht spezifisch verändert. Dennoch unterlag das Klima ganz bedeutenden Schwankungen, vielleicht die größten Temperaturunterschiede umfassend, welche es in geologischen Zeiten je gegeben hat. Denn die ganze Gruppe der Eiszeitperioden und der mildereren, mit ihnen abwechselnden Klimate lag zwischen der Geburt jener Arten und der Jetztzeit. Diese Perioden haben den größten Teil der früheren Lebewelt ausgemerzt und zahlreiche neue Arten sind in ihr aufgetreten. Dennoch haben sich die beiden genannten und einige andere unverändert erhalten. Sie haben jetzt mit ganz verschiedenen Mitbewerbern zu kämpfen, haben sich diesen aber durch keine Umwandlungen anzupassen gebraucht.

Es leuchtet somit ein, daß weder Wanderungen, noch lokale Veränderungen im Klima und in der umgebenden Lebewelt Arten notwendigerweise verändern müssen, und daß auch keine Beobachtungen vorliegen, welche darauf hinweisen, daß solche vielleicht von Zeit zu Zeit oder nur ausnahmsweise stattfinden. Und daraus folgern wir, daß die Neubildung von Arten nicht zu den Vorteilen im Kampfe ums Dasein in Beziehung steht. Diese Beziehungen entstehen erst viel später, wenn die Umgebung sich verändert und dadurch vorher erworbene Eigenschaften nützlich oder schädlich werden.

Lokale Varietäten und geographische Rassen werden mehrfach als Argumente eines direkten Einflusses der Lebenslage angeführt. Einige Arten, welche sowohl in Europa als in Amerika vorkommen, zeigen dabei geringe Verschiedenheiten in ihren Merkmalen. Behaarung, Größe und Form der Blätter bilden solche Differenzen, wie z. B. in *Veronica scutellata*, *Circaea lutetiana* und anderen. Manche Varietäten unterscheidet man als *arctica* oder *borealis*, oder auch als *montana*, *alpestris*, *pyrenaica* usw. Mehrfach zeigen sie schöne Anpassungen an die lokalen Anforderungen ihrer Umgebung, aber ob sie diese an Ort und Stelle erworben haben oder lange Zeit vor ihrer Ankunft, kann man nicht entscheiden. Beweise kann man aus solchen Beobachtungen nicht ableiten. Dazu würde man die Nachkommen solcher in ferne Gegenden ausgewanderten Gruppen für eine und dieselbe Art nebeneinander pflanzen müssen und untersuchen, wie sie sich dann, unter gleichen äußeren Bedingungen, verhalten. Verdanken sie ihre Anpassungen einfach der oben besprochenen Plastizität, so werden die Unterschiede bald verschwinden, und oft bereits in den Individuen selbst, welche man verpflanzt hat. Andere Arten haben einen so groben Bau, daß sie fast überall treiben können, wo man sie aussät. So folgt z. B. die Brennessel (*Urtica dioica*) dem Menschen auf seinen Reisen, sogar durch Urwälder und Wüsten, und siedelt sich an, wo man ihre Samen zufällig fallen ließ. Manche bereits von früheren Forschern besuchte, aber wieder vergessene Stelle hat sich durch sie ihren neuen Besuchern verraten. Echte lokale Varietäten und geographische Rassen mit guten systematischen Merkmalen werden sich in solchen Kulturen aber erhalten, auch wenn man sie nebeneinander pflanzt. Ob sie sich am Ende aber den gleichen Bedingungen, auch in ihrem Äußeren, anpassen werden, scheint sehr fraglich. Weit wichtiger ist, daß man bald finden wird, daß die Differenzen eigentlich keine direkten Beziehungen zu den lokalen Umgebungen aufweisen.

Dasselbe gilt in noch höherem Grade von den endemischen Arten, d. h. von solchen, welche nur ein ganz kleines Gebiet, z. B. eine Insel oder eine Bergspitze bewohnen. In seinen Untersuchungen über die endemische Flora von Ceylon, Neuseeland und anderen Inseln hat Willis diesem Umstande ausführlich Rechnung getragen. Die endemischen Arten erreichen oft ein Drittel oder mehr der ganzen Flora und müssen wohl zumeist an Ort und Stelle entstanden sein, und zwar während der noch herrschenden geologischen Periode. Vergleicht man nun solche Arten mit ihren nächsten Verwandten, welche nicht endemisch sind, sondern auch auf anderen Inseln oder auf dem benachbarten Festlande vorkommen, so findet man gar keine Beziehungen zu ihrer Umgebung. Die spezifischen Merkmale sind solche, wie wir sie auch bei unseren einheimischen Pflanzen finden, und welche bekanntlich ohne jede Be-

deutung für den Kampf ums Dasein zu sein pflegen.

Überblicken wir jetzt die verschiedenen Gruppen wandernder Pflanzen, so finden wir, daß ihre Artmerkmale in der Regel unverändert geblieben sind. Die Wanderungen sind dabei große oder kleine gewesen, das eroberte Gebiet trägt Millionen von Individuen dicht beieinander, oder besteht aus über die ganze Erde zerstreuten und weit voneinander entfernten kleinen Stellen wie bei Wasserpflanzen. Der Boden und die klimatischen Bedingungen und die neue Welt von Mitbewerbern weisen oft gar große Differenzen auf und verhalten sich manchmal genau entgegengesetzt. Die Wanderungen sind rasche oder langsame. Im ersteren Fall verdanken sie ihren Anfang meist einem zufälligen Transporte, oft durch Schiffe oder durch sonstige Vermittelung des Menschen. Dann zeigen sich die eingeführten Arten den neuen Bedingungen einfach besser angepaßt als denen ihrer ursprünglichen Heimat und lehren dadurch, daß sie nicht gerade dort entstanden sind, wo sie im Kampf ums Dasein die besten sind. Sie befallen ein neues Gebiet, das ihnen zusagt, und nur diesem Umstande verdanken so viele von Pilzen bedingte Krankheiten ihre ganze Länder verheerende Wirkung. Langsame Wanderungen, welche Jahrhunderte oder ganze geologische Perioden dauerten, haben oft ebenso wenig Einfluß, und von klimatischen und biologischen Umänderungen während so langer Zeit müßte man, auch ohne Wanderung, genau dasselbe erwarten. Aber manche Arten sind, durch die Eiszeiten hindurch, aus dem Tertiär unverändert zu uns herüber gekommen, und in der Sahara hat die Umwandlung der früher üppigen Landschaft in eine dürre Wüste weder die weicheren Arten härten, noch auch die bereits widerstandsfähigen zu einer weiteren Differenzierung ihrer Merkmale treiben können.

Selbstverständlich sind während der nämlichen Zeiten sehr zahlreiche Arten neu gebildet worden, aber direkte Beziehungen zu ihrer Umgebung zeigen sie nicht. Die jetzigen diagnostischen Artmerkmale sind fast überall im Kampf ums Dasein nutzlose Eigenschaften. Ohne sie treiben die verwandten Formen ebenso gut. Die schönen Anpassungen in der Natur sind Merkmale von Gattungen oder sonstigen Gruppen von verwandten Arten; sie rühren somit aus früheren geologischen Perioden her, von deren Lebewelt und Klima wir viel zu wenig wissen, um etwaige Nützlichkeit solcher Anpassungen während ihrer Entstehung ein Urteil zu bilden.

Die Tatsachen sprechen somit ganz allgemein gegen eine Entstehung von Eigenschaften durch Anpassung. Sie lehren, daß die Merkmale unabhängig von dieser erworben werden, und daß ein etwaiger Nutzen sich oft erst viel später ergibt.

Der innere Aufbau der Sterne.

Bericht über die Arbeiten von A. S. Eddington betreffend das Strahlungsgleichgewicht.

Von Dr. Arnold Kohlschütter, Potsdam.

(Schluß.)

6. Die Gleichheit der Sternmassen.

Die gefundenen Grundgleichungen des Strahlungsgleichgewichtes lauten¹⁾:

$$2,39 \cdot 10^7 \cdot \frac{1}{k_0} \cdot M^{\frac{3}{2}} \cdot \bar{q}^{\frac{3}{2}} \cdot T_1^{-4} (1 - \beta) = 1 \quad (1)$$

und

$$2,91 \cdot 10^{-69} \cdot M^2 \cdot m^{\frac{1}{2}} \beta^{\frac{1}{2}} = 1 - \beta \quad (2)$$

Ein bedeutungsvolles Resultat, das die Theorie des Strahlungsgleichgewichtes liefert, kann aus Gleichung (2) ohne weiteres gefolgert werden. Gleichung (2) ist ohne Zuhilfenahme irgendwelcher astronomischer Daten nur mit Hilfe physikalisch bekannter Konstanten abgeleitet, sie gilt also für Gasmassen jeder Größe, von den kleinsten Gasbläschen von wenig Gramm Masse an bis zu den größten Gasansammlungen, die man sich im Weltenraum nur denken kann. $1 - \beta$ stellt das Verhältnis des Strahlungsdruckes zur Gravitation dar, dieses Verhältnis ist innerhalb einer jeden Gaskugel konstant, ändert sich jedoch von Kugel zu Kugel, und zwar unabhängig von der Dichte nur mit der Masse der Kugel. Berechnen wir jetzt nach Gleichung (2) dieses Verhältnis des Strahlungsdruckes zur Gravitation (das Molekulargewicht m gleich 2 gesetzt²⁾) zunächst für ganz kleine Massen von wenigen Gramm, dann fortschreitend zu immer größeren bis zu den allergrößten, so zeigt sich: Bei den kleinen Massen ist das Verhältnis verschwindend klein, und bis zu Massen von der Größenordnung 10^{33} gr bleibt das Verhältnis kleiner als $\frac{1}{10}$, d. h. der Strahlungsdruck bleibt mehr als 10-mal kleiner als die Gravitation. Bei Massen von 10^{33} gr bis 10^{34} gr steigt plötzlich das Verhältnis des Strahlungsdruckes zur Gravitation von 0,1 bis auf 0,8. Für größere Massen steigt dann das Verhältnis langsam weiter bis zu seinem Grenzwert 1. Die Massen von der Größenordnung 10^{33} gr bis 10^{34} gr nehmen also eine Ausnahmestellung ein, indem für sie der Strahlungsdruck von völliger Bedeutungslosigkeit gegenüber der Gravitation ansteigt bis zu Werten, wo er der Gravitation nahezu das Gleichgewicht hält. Das muß etwas zu bedeuten haben. Und es hat etwas zu be-

deuten, denn alle Massen selbstleuchtender Sterne, welche astronomisch haben bestimmt oder geschätzt werden können, sind gerade von der Größenordnung 10^{33} gr bis 10^{34} gr. Die Masse der Sonne ist $1,9 \cdot 10^{33}$ gr, die kleinste bisher bekannte Masse eines Fixsternes ist $\frac{1}{7}$ der Sonnenmasse, und Sterne mit Massen größer als etwa 30-fache Sonnenmasse scheinen kaum vorzukommen.

Wenn am Himmel Fixsterne von geringer Masse nicht gefunden werden, so ist das dadurch zu erklären, daß die Sterne mit kleiner Masse keine hohe Temperatur erreichen können, daß deshalb ihre Leuchtkraft gering bleibt und sie deshalb unsichtbar bleiben. Die bisher unerklärte Tatsache aber, warum Sterne mit sehr großer Masse nicht gefunden werden, findet nunmehr durch das Strahlungsgleichgewicht eine anschauliche Erklärung. Der innere Druck im Stern hält mit dem Strahlungsdruck zusammen der Gravitation das Gleichgewicht. Für Sterne von größerer Masse wird der Strahlungsdruck stärker und balanciert schließlich nahezu allein, von innen wirkend, die von außen wirkende Gravitation aus. Es muß ein solcher Zustand nahe an Instabilität grenzen. Nicht daß der Strahlungsdruck allein, der ja stets kleiner als die Gravitation bleibt, den Stern auseinander Sprengen könnte. Sobald jedoch nur eine kleine Zusatzkraft hinzukommt, die wie der Strahlungsdruck von innen nach außen wirkt, wird die Gravitation nicht mehr imstande sein, den Stern zusammenzuhalten. Z. B. eine Rotation des Sternes würde eine solche Zusatzkraft liefern können. Es erklärt sich so, daß Sterne mit sehr großen Massen, wo der Strahlungsdruck nahe gleich der Gravitation wird, wohl gelegentlich vorkommen können, daß sie aber sehr selten sein werden, weil eine geringe Rotation oder sonstige kleine äußere Einwirkungen sie instabil machen würden.

7. Die Beziehung zwischen Masse, mittlerer Dichte und effektiver Temperatur.

Das Interesse der Astronomen richtet sich zurzeit nicht so sehr auf das Verhalten der Zustandsgrößen im Innern der Sterne, sondern vielmehr auf die den gesamten Stern betreffenden Integralkonstanten, die Masse, mittlere Dichte und effektive Temperatur. Allein diese Größen sind der astronomischen Beobachtung zugänglich, und deshalb kann auch nur durch sie eine praktische Prüfung der Theorie erfolgen. Wenn die Theorie eine solche Prüfung besteht, d. h. wenn die theoretische Beziehung zwischen Masse, mittlerer Dichte und effektiver Temperatur durch astronomische Erfahrungen bestätigt wird, so wird die Theorie dem Astronomen für viele Zwecke genügen, ganz unabhängig davon, ob die für das Innere des Sternes errechneten Werte der Zustandsgrößen tatsächlich physikalische Bedeutung haben oder nicht.

¹⁾ Es bedeuten, alles im C. G. S.-System ausgedrückt: M die Masse des Sternes, \bar{q} seine mittlere Dichte, T_1 seine effektive Temperatur, k_0 den Massenabsorptionskoeffizienten, m das Molekulargewicht und β das Verhältnis zwischen Strahlungsdruck und Gravitation. Die Zahlentaktoren enthalten nur bekannte physikalische Konstanten.

²⁾ Eddingtons Vorstellungen von der Verkleinerung des Atomgewichtes (Heft 5, S. 69, Spalte 2) sind nur dann haltbar, wenn sie mit einem ähnlichen Dissoziationsvorgang rechnen, wie ihn die kinetische Gastheorie kennt. Seine Ausführungen über den Einfluß der Elektronenabspaltung auf das Atomgewicht sind unhaltbar.

Benutzen wir wieder für das Molekulargewicht den Wert 2, so kann aus Gleichung (2) für jede Masse die Größe $1-\beta$, das Verhältnis des Strahlungsdruckes zur Gravitation berechnet werden. Die Berechnung zeigt, daß für Massen, wie wir sie tatsächlich an Sternen finden, also etwa von der Größe der Sonnenmasse, der Wert $1-\beta$ ungefähr proportional der Masse wird. Führen wir ferner, in Ermangelung besserer Kenntnis, die Annahme ein, daß der durchschnittliche Massenabsorptionskoeffizient k_0 für verschiedene Sterne als konstant angesehen werden kann, was für eine erste allgemeine Orientierung zulässig sein wird, so folgt aus Gleichung (1):

$$M^{\frac{4}{3}} \cdot \bar{\varrho}^{-\frac{3}{2}} \cdot T_1^{-4} = \text{konst.}$$

Diese Beziehung besagt, daß die effektive Temperatur eines Sternes erstens proportional der dritten Wurzel aus seiner Masse und zweitens proportional der sechsten Wurzel aus seiner mittleren Dichte ist. Das erstere läßt sich astronomisch nicht prüfen, weil die vorkommenden Sternmassen nicht verschieden genug sind. Die zweite Beziehung jedoch, die insofern strenger ist, als sie unabhängig von der Wahl des Molekulargewichts ist und außerdem für alle beliebigen Massen gilt, läßt sich mit astronomischen Erfahrungstatsachen vergleichen.

Nachdem durch Messung der Energieverteilung im Spektrum der Sterne festgestellt worden ist, daß alle Sterne qualitativ wie schwarze Körper strahlen, wird es keinem Bedenken begegnen, anzunehmen, daß die Sterne auch quantitativ wie schwarze Strahler strahlen, sinntemal unsere Sonne, an der es geprüft werden kann, sich auch quantitativ wie ein schwarzer Strahler verhält. Wir können also die durch Energieverteilung im Spektrum der Sterne gemessene effektive Temperatur auch als die in der vorliegenden Theorie durch die ausgestrahlte Gesamtenergie definierte effektive Temperatur ansehen. Nur an wenigen hellen Sternen konnte bisher die effektive Temperatur gemessen werden. Jedoch es zeigte sich, daß die effektive Temperatur genau parallel mit dem Spektralcharakter der Sterne läuft. Nach ihrem Spektralcharakter lassen sich die Sterne in eine kontinuierliche Reihe von Spektraltypen einordnen, die man mit den Buchstaben B, A, F, G, K, M bezeichnet. Die Sterne vom Spektraltyp B, die Heliumsterne, sind die heißesten, sie zeigen eine effektive Temperatur von etwa 15 000°. Die nächste Klasse, Spektraltyp A, die Wasserstoffsterne, haben die effektive Temperatur 11 000°. Diese beiden ersten Klassen, B- und A-Sterne, nennt man wegen ihres weißen Lichtes auch weiße Sterne. Für die folgenden Spektralklassen wird die effektive Temperatur kontinuierlich niedriger, so haben die „Sonnensterne“, der Spektraltyp G, auch die gelben Sterne genannt, nur noch eine effektive Temperatur von 6000°. Bei der letzten Klasse, Spektraltyp M, den roten Sternen,

ist die effektive Temperatur bis auf 3000° gesunken. Da sich der Spektraltyp der Sterne leicht feststellen läßt, kennt man durch diese allgemeine Beziehung auch ihre effektive Temperatur.

Schwieriger und unsicherer ist die Bestimmung der mittleren Dichte. Durch statistische Untersuchungen ist gefunden worden, daß die späteren Sterne, d. h. die gelben und besonders die roten Sterne, sich offenbar in zwei deutlich unterscheidbare Gruppen nach ihrer absoluten Leuchtkraft trennen lassen, in die sogenannten „Riesensterne“ und die „Zwergsterne“. Die Oberflächenhelligkeiten sind für beide Gruppen gleich, und auch die durchschnittliche Masse ist für Riesen- und Zwergsterne dieselbe. Aber die Riesensterne haben eine außerordentlich geringe Dichte, daher große Oberfläche und große Leuchtkraft, die Zwergsterne dagegen sind dichte Sterne, haben geringe Oberfläche und geringe Leuchtkraft. Die Sonne gehört zu den letzteren. Für die Reihe der Riesensterne läßt sich nun durch verschiedene astronomische Erfahrungstatsachen die durchschnittliche Dichte in ihrer Abhängigkeit vom Spektraltyp angeben. So schätzt Russell durch eingehende Diskussion des vorliegenden Materials die durchschnittliche Dichte der Riesensterne vom Spektraltyp M auf $\frac{1}{25\,000}$, für gelbe Riesensterne ist die Dichte größer und so weiter durch die Reihe der Spektralklassen kontinuierlich ansteigend bis zu den Sternen vom Spektraltyp A, die eine durchschnittliche Dichte von $\frac{1}{10}$ haben. Von Typ M bis Typ A steigt also die Dichte auf das 2500fache an. Nach der vorliegenden Theorie des Strahlungsgleichgewichtes soll die effektive Temperatur proportional der sechsten Wurzel aus der Dichte sein, die sechste Wurzel aus 2500 ist 3,7, also sollte die effektive Temperatur der A-Sterne 3,7 mal größer als die der M-Sterne sein. Die Beobachtung liefert für die M-Sterne die effektive Temperatur 3000°, für die A-Sterne 11 000°, was mit der Theorie so gut übereinstimmt, als nur erwartet werden konnte. Auch die zwischenliegenden Spektraltypen ordnen sich mit guter Übereinstimmung ein.

Die gefundene Beziehung zwischen Masse, mittlerer Dichte und effektiver Temperatur liefert noch eine weitere interessante Tatsache. Die absolute Helligkeit eines Sternes, gemessen durch die ausgestrahlte Energie, ist proportional der vierten Potenz der effektiven Temperatur und proportional seiner Oberfläche, also proportional $r^2 \cdot T_1^4$. Drücken wir hierin den Radius r des Sternes durch seine Masse und mittlere Dichte aus, so ergibt sich: die absolute Helligkeit eines Sternes ist proportional dem Ausdruck $M^{\frac{4}{3}} \cdot \bar{\varrho}^{-\frac{3}{2}} \cdot T_1^4$. Nach dem Strahlungsgleichgewicht ist nun gerade das Produkt $\bar{\varrho}^{-\frac{3}{2}} \cdot T_1^4$ nur abhängig von der Masse des Sternes, es folgt daher, daß die absolute Helligkeit eines Sternes nur von

seiner Masse abhängt, von seiner Dichte und effektiven Temperatur aber unabhängig ist.

Dies Resultat können wir noch von einer anderen Seite betrachten. Alle Sterne, die am Himmel vorkommen, lassen sich in eine kontinuierliche Reihe nach wachsender Dichte einordnen. Zuerst kommen die Riesensterne vom Spektraltyp M, die die kleinste Dichte haben, dann die gelben Riesensterne mit etwas größerer Dichte und so weiter bis zu den weißen A- und B-Sternen. Schreiten wir weiter zu noch größeren Dichten fort, so kommen wir wieder zu gelben Sternen, aber jetzt nicht zu den Riesensternen, sondern zu den gelben Zwergsternen, und schließlich endet die Reihe bei den roten Zwergsternen vom Spektraltyp M, welche die größten Dichten haben. Die allgemeine Ansicht der Astronomen geht nun dahin, daß wir in dieser Reihe aufeinanderfolgender verschiedener Sterntypen ein getreues Bild vor uns haben für die Zustände, die jeder einzelne Stern im Laufe seines langsamen Entwicklungsganges durchläuft. Als ausgedehnter Gasball geringer Dichte in Form eines roten Riesensternes vom Spektraltyp M beginnend wird ein Stern durch Kontraktion seine Dichte vergrößern, dabei als Riesenstern alle Spektraltypen bis zu den weißen Sternen vom Typ A oder B durchlaufen, wobei seine effektive Temperatur von 3000° bis auf $11\,000^{\circ}$ oder $15\,000^{\circ}$ steigt, dann aber wird er, durch weitere Kontraktion seine Dichte noch mehr steigend, dieselbe Reihe der Spektraltypen rückwärts durchlaufen, nun jedoch nicht als Riesenstern, sondern als Zwergstern, d. h. als Stern von großer Dichte.

Das Strahlungsgleichgewicht sagt aus, daß die absolute Helligkeit eines Sternes unabhängig von seiner Dichte ist, daß also die absolute Helligkeit während seines Entwicklungsganges konstant bleibt. Durch die Kontraktion verringert sich die Oberfläche des Sternes, andererseits erhöht sich gleichzeitig seine Oberflächentemperatur und damit seine Oberflächenhelligkeit. Beide Prozesse wirken auf die Gesamthelligkeit des Sternes, jedoch in entgegengesetzter Richtung. Nach dem Strahlungsgleichgewicht heben beide Wirkungen sich gegenseitig gerade auf. Dies gilt jedoch nur für den aufsteigenden Ast im Entwicklungsgang eines Sternes, nicht auch für den absteigenden Ast, weil dann die Dichte zu groß wird, als daß die bisher beibehaltene Voraussetzung, die Gleichung der idealen Gase als Zustandsgleichung wählen zu dürfen, noch zulässig wäre. Im absteigenden Ast sinkt die absolute Helligkeit der Sterne sehr schnell, weil die Verkleinerung der Oberfläche und die Verringerung der Oberflächentemperatur nun im gleichen Sinne wirken.

8. Erweiterung der Theorie auf dichte Sterne.

Wir betreten einen zurzeit noch etwas unsicheren Boden, wenn wir die Theorie des Strah-

lungsgleichgewichtes auch auf dichte Sterne auszudehnen versuchen, und die folgenden Resultate sind nicht mehr so zuverlässig und vertrauenswürdig wie die bisherigen. Für größere Dichten gilt nicht mehr die bisher benutzte Gasgleichung der idealen Gase, sondern es muß an ihre Stelle die van der Waalssche Zustandsgleichung eingesetzt werden, welche zwei neue Konstanten enthält. Die erste dieser Konstanten, welche die zwischen den einzelnen Molekülen wirkende Anziehungskraft berücksichtigt, kann bei den im Sterninnern herrschenden großen Drucken und Temperaturen in erster Näherung vernachlässigt werden. Die zweite der Konstanten berücksichtigt das Volumen der einzelnen Moleküle, sie stellt eine maximale Dichte dar, über welche hinaus sich das Gas selbst mit größten Drucken nicht komprimieren läßt. Diese Konstante spielt bei größeren Dichten naturgemäß eine entscheidende Rolle, und wir können sie nicht mehr vernachlässigen. Nun ist zwar im Laboratorium für die erreichbaren Drucke und Temperaturen diese Konstante gemessen, doch sowohl Theorie wie Erfahrung lehren, daß die irdisch gemessenen Werte nicht auf die im Sterninnern herrschenden hohen Drucke und Temperaturen übertragen werden dürfen. Es bleibt also nichts anderes übrig, als diese Konstante als neue Unbekannte in die Theorie einzuführen und sie auf diese Weise astronomisch zu bestimmen.

Die strenge Lösung der Differentialgleichungen, die bei Benutzung der Zustandsgleichung der idealen Gase möglich war, ist jetzt nicht mehr möglich, und man muß Zuflucht zur numerischen Auswertung durch mechanische Quadratur nehmen¹⁾. Die in der van der Waalsschen Zustandsgleichung neu hinzutretende Konstante bestimmt Eddington dadurch, daß er neben dem früher schon benutzten typischen Stern geringer Dichte jetzt noch die Sonne zu Hilfe nimmt. Er findet so, daß, damit für die Masse und mittlere Dichte der Sonne auch deren effektive Temperatur richtig herauskomme, die Konstante, d. h. die maximale Dichte, gleich 3,9 gesetzt werden muß.

Die auf diese Weise durch numerische Auswertung für dichte Sterne erhaltenen Resultate schließen sich organisch an die früheren für Sterne geringer Dichte gefundenen Resultate an. Die Vereinigung beider gibt uns ein für sämtliche Sterne gültiges Bild, wie die effektive Temperatur sich mit der mittleren Dichte und der Masse ändert. Um die zahlenmäßigen Grundlagen zu wiederholen, die benutzt werden muß-

¹⁾ Die Zustandsgleichung lautet jetzt

$$p = R \cdot \varrho T \left(1 - \frac{\varrho}{c}\right)^{-1},$$

worin c die neue Konstante, die maximale Dichte, bedeutet. Die beiden anderen Gleichungen, die zur numerischen Auswertung für dichte Sterne zu Hilfe zu nehmen sind, sind, unverändert wie früher

$$p = \frac{4}{3} a \frac{\beta}{1-\beta} \cdot T^4 \text{ und } dp = -\beta g \varrho d\xi.$$

ten, um dieses Bild aus der Theorie des Strahlungsgewichtes abzuleiten: Außer physikalisch bekannten Konstanten gab es zunächst drei, die sich irdisch nicht messen lassen oder deren irdisch gemessene Werte sich nicht auf die Verhältnisse der Sterne übertragen lassen. Es waren dies: das zu wählende Molekulargewicht, der durchschnittliche Massenabsorptionskoeffizient und die „maximale Dichte“ in der van der Waals'schen Zustandsgleichung. Die Werte, die für das Molekulargewicht in Frage kommen, ließen sich durch Betrachtungen über den molekularen Aufbau der Materie in enge Grenzen einschließen. Die beiden anderen Konstanten, der Massenabsorptionskoeffizient und die „maximale Dichte“, wurden astronomisch bestimmt, erstens mit Hilfe eines typischen Sternes geringer Dichte und zweitens mit Hilfe unserer Sonne.

Die Resultate der numerischen Rechnungen für dichte Sterne entsprechen unseren Erwartungen. Die effektive Temperatur steigt mit wachsender Dichte nicht unbegrenzt, sondern nur bis zu einem Maximalwert, der bei einer Dichte von 0,1 bis 0,5, bezogen auf Wasser, erreicht wird. Dieser Maximalwert der effektiven Temperatur, den ein Stern erreichen kann, hängt von der Masse ab. Sterne kleiner Masse erreichen nur eine geringe Temperatur. Um 3000° zu erreichen, muß ein Stern eine Masse mindestens gleich $\frac{1}{7}$ der Sonnenmasse haben. Für die Sonne, deren effektive Temperatur jetzt 6000° beträgt, ist der früher einmal erreichte Maximalwert 9000° . Damit ein Stern $15\,000^{\circ}$ erreichen kann, muß seine Masse mindestens viermal so groß als die Sonnenmasse sein. Bei größeren Dichten, also nach Überschreiten des Maximalwertes, fällt die effektive Temperatur schnell und steil ab.

Die gefundene Abhängigkeit der effektiven Temperatur von der Masse und der mittleren Dichte entspricht den Anschauungen, die auf Grund astronomischer Erfahrungstatsachen schon früher allgemein anerkannt waren. Durch die Theorie des Strahlungsgleichgewichtes ist es jetzt gelungen, eine theoretische Begründung zu finden und eine feste Grundlage zu schaffen.

Man könnte die Beziehung zwischen Masse, mittlerer Dichte und effektiver Temperatur am einfachsten dadurch zahlenmäßig näher prüfen, daß man die Sterne zum Vergleich heranzieht, für welche alle drei Größen astronomisch gemessen oder berechnet werden können. Leider ist die Zahl dieser Sterne sehr gering; zurzeit hat man nur etwa 12. Denn wohl läßt sich die effektive Temperatur der Sterne leicht messen, und auch für die mittlere Dichte haben wir genügend Anhaltspunkte, aber die Masse kennen wir exakt und ohne weitere Hypothesen nur von Doppelsternen, deren Bahnen sich berechnen lassen und deren Parallaxen außerdem bekannt sind. Diese wenigen Sterne jedoch ordnen sich zahlenmäßig gut in die von der Theorie des Strahlungsgleichgewichtes geforderte Beziehung

zwischen Masse, mittlerer Dichte und effektiver Temperatur ein.

Besprechungen.

Degener, P., Die Formen der Vergesellschaftung im Tierreich. Ein systematisch-soziologischer Versuch. Leipzig, Veit & Co., 1918. XII, 420 S. Preis geh. M. 12,50, geb. M. 15,—.

Verfasser faßt den Begriff Tiergesellschaft im weitesten Sinn auf, indem er ihn auf alle Fälle anwendet, in welchen sich „zwei und mehr Einzeltiere zu gemeinsamer Lebensführung, wenn auch nur für beschränkte Dauer, miteinander vereinigen, gleichgültig, ob in diesem Zusammenschluß als solchem ein Wert für die Einzelperson liegt oder ob die Zusammenrottung oder Ansammlung an einem Ort durch Vorteile bedingt ist, die nicht mit dieser Ansammlung selbst erreicht werden“. Dadurch hat das Gebiet eine ungeheure Weite erhalten; fallen darnach doch auch alle die Vereinigungen zweier Tiere zum Zweck der Kopulation unter den Begriff der Tiergesellschaften, ebenso die rein zufällig durch Wind zusammengewehten oder durch Licht zusammengelockten Tieranhäufungen usw. Diese Erweiterung des Begriffes ist damit motiviert, daß zufällige (akzidentielle) Gesellschaften ohne Sozietätswert („Assoziationen“) recht wohl zum Ausgangspunkt für essentielle Gesellschaften mit Sozietätswert („Sozietäten“) werden können. Außerdem seien wir durchaus nicht überall imstande zu sagen, ob die uns als akzidentell erscheinende Gesellschaft nicht doch auch uns nicht erkennbare Sozietätswerte habe. In manchen Fällen von scheinbar akzidentiellen Gesellschaften müssen wir auch zur Annahme eines vergesellschaftenden (sozialen) Triebes unsere Zuflucht nehmen, ohne den wir das merkwürdige Zusammenhalten der Mitglieder nicht erklären können — eines Triebes, der in dem bloßen Beisammensein mit anderen Tieren seine Befriedigung findet und außerdem keinem anderen Zwecke dient. Allerdings erscheine dieser Trieb, da er ja nicht das Mittel zu einem erkennbaren Zweck sei, eigentlich sinn- und zwecklos. Doch der Satz „natura non facit frustra“ sei kein Axiom, sondern nichts anderes als ein Glaubenssatz, der nicht ohne Wahrscheinlichkeit, aber zu allgemein gefaßt und oft verkehrt angewendet sei. Freilich können wir in solchen Fällen immer noch annehmen, daß wir den Zweck nicht erkennen oder wenigstens noch nicht erkannt haben. „Dann würden wir, indem wir sie akzidentell nennen, zunächst nur unsere Unwissenheit eingestehen, die einstweilen kein anderes Urteil zuläßt.“ Wie einerseits bei der Assoziation ein sozialer Trieb beteiligt sein kann, so gibt es andererseits auch echte Sozietäten, die kein sozialer Trieb schuf, nämlich solche, die aus akzidentiellen Gesellschaften, die auf äußeren Faktoren beruhen, hervorgegangen sind. Sicherlich trifft dieser Entstehungsmodus für eine ganze Anzahl essentieller Gesellschaften oder Sozietäten zu, d. h. beruhen sie genetisch primär auf außer ihnen gelegenen Ursachen.

Es wäre aber verfehlt, sämtliche essentielle Gesellschaften (Sozietäten) von den primitiveren akzidentiellen Gesellschaften (Assoziationen) abzuleiten. Denn es gibt auch Sozietäten sehr primitiver Art ohne akzidentielle Vorstufe. An eine monophyletische Entstehung der Gesellschaftsformen kann überhaupt nicht gedacht werden. Gegen eine solche spricht schon die Tatsache, daß die gleiche Gesellschaftsform bei

Tieren von völlig verschiedener systematischer Stellung auftreten kann. Wir müssen zweifellos verschiedene Ausgangspunkte annehmen, von denen aus die Gesellschaftsbildung ausgegangen ist und von denen verschieden hohe Linien aufwärts führen. „Bald ist der Endpunkt einer Linie vom Fußpunkt weit entfernt und bezeichnet einen Zustand hoher Vollkommenheit (Ameisen- und Bienenstaaten); bald bleibt die Linie kurz und erscheint dann bisweilen als ein abgebrochener Weg zu einem Ziel, das auf ihm nicht erreicht werden konnte oder wenigstens nicht erreicht worden ist.“ Selbst den einzelnen Gesellschaftsformen, wie z. B. der Familie, kann kein monophyletischer Ursprung zugestanden werden; eine Waffenfamilie hat mit einer Ohrwurm- oder Skorpionsfamilie phylogenetisch so wenig zu tun, wie eine Vogel- mit einer Fisch- oder Säugetierfamilie. — Der Sexualtrieb kann übrigens auch dissozzierend wirken (Eifersucht), ein Moment, das von Deegener mehrfach betont, das aber vielleicht noch kräftiger hätte herausgehoben werden können. Denn die Eifersucht ist zweifellos ein sehr starkes Hindernis der Gesellschaftsbildung. Es verlohnte sich, darüber eine spezielle Untersuchung anzustellen.

Bezüglich der Frage nach den psychischen Qualitäten der Tiere, die der Verfasser nur kurz berühren kann, nimmt Deegener entschiedene Stellung gegen die extremen Vertreter des Reflexautomatismus und der Tropismen. „Ich sehe nicht ein“, ruft Deegener aus (S. 121); „warum man, wenn die Erklärung von außen keinen Stoff vorfindet, nicht die Erklärung von innen heraus versuchen dürfe, die keinen schlimmeren Schritt tut, als von der Überzeugung auszugehen, daß die psychischen Qualitäten wenigstens eines höheren Wirbeltiers von den unserer Erkenntnis bei uns selbst allein unmittelbar zugänglichen nicht toto genere verschieden sein können. Es heißt noch nicht anthropodox sein, wenn man sich nicht darauf beschränkt, zu betonen, was bei Tieren anders ist als bei Menschen, sondern auch in der prinzipiellen, uns mit den Tieren gemeinsamen Wesensgrundlage einen Schlüssel zum Verständnis ihres Benehmens sucht, sicher übrigens, daß die Tiere so wenig Reflexautomaten sind wie wir selbst, und ohne Verständnis für die Förderung und Vertiefung, die unsere Einsicht durch gelehrt klingende und doch nur ein altes X enthaltende Termini wie Tropismen usw. gewinnen könnte.“

Das sind einige der Leitgedanken, denen man beim Lesen des Buches immer wieder begegnet.

Die Hauptaufgabe, welche sich das Buch gestellt hat, besteht darin, unsere tatsächlichen Kenntnisse über tierische Gesellschaften systematisch zu ordnen und bestimmte Begriffe derart zu schaffen, daß die Einordnung jeder wirklich vorhandenen Tiergesellschaft in dieses System möglich werde. Verfasser hat zu diesem Zweck ein ungeheures Tatsachenmaterial zusammengetragen, wobei er eine erstaunliche Belesenheit zeigt. Ich glaube, daß er wirklich ziemlich alle nur irgendwie unter den Begriff der Vergesellschaftung fallenden Erscheinungen erfaßt und verarbeitet hat.

Das von ihm aufgestellte System zeigt eine fast etwas zu weit gehende Gliederung und ist mit einer großen Anzahl neuer, oft schwer auszusprechender Namen versehen, z. B. *Heterosymphagopaedium* (die Mitglieder entstammen aus Eiern, welche von artverschiedenen Müttern an dieselbe Nahrung abgelegt worden sind), oder *Heterosynchoropaedium* (die Mitglieder entstammen Eiern, welche von artverschiedenen

Müttern an demselben geeigneten Orte abgelegt worden sind), oder *Amphoterosynthesium* (Mischschwarm, die Schwarmgesellschaft besteht aus weiblichen und männlichen Mitgliedern) usw.

Was die *Grundzüge des Systems* betrifft, so teilt Deegener die Gesellschaftsformen zunächst in zwei Hauptgruppen ein: akzidentielle Vergesellschaftungen oder *Assoziationen* und essentielle Vergesellschaftungen oder *Sozietäten*. Diese beiden Gruppen zerfallen wieder in je zwei Abteilungen: *homotypische* und *heterotypische* Assoziationen bzw. Sozietäten, je nachdem es sich um Vergesellschaftungen artgleicher oder artverschiedener Tiere handelt. Als weitere Unterabteilungen folgen dann: *kosmogene* Assoziationen oder Sozietäten (Tierstämme) und Assoziationen oder Sozietäten *freier* (nicht miteinander verwachsener) *Individuen*, ferner *primäre* und *sekundäre* Formen, je nachdem die Mitglieder gleich von ihrer Entstehung an oder erst nachträglich vergesellschaftet sind, usw. usw.

Mag man das System Deegeners billigen oder nicht, mag manches von demselben verbesserungsbedürftig oder unschön (Namen!) sein, so wird man dem Verfasser das große Verdienst nicht bestreiten können, daß er das ungeheure empirische Material gesichtet und geordnet und so eine *Grundlage für eine künftige Tiersoziologie*, wie sie in dieser Breite bisher nicht annähernd existierte, geschaffen hat. Sehr wünschenswert wäre in einer zweiten Auflage die Ausmerzung der vielen Druckfehler und die Schaffung eines Artenregisters.

K. Escherich, München.

Hoffmann, Bernhard, Führer durch die Vogelwelt zum Beobachten und Bestimmen der häufigsten Arten durch Auge und Ohr. Leipzig, B. G. Teubner, 1919. IV, 216 S. Preis geh. M. 4,—, geb. M. 5,— + Teuerungszuschlag.

Die ornithologische Literatur besitzt bereits mehrere Veröffentlichungen ähnlicher Art. Unter ihnen stehen diejenigen *Carl Zimmers* und *Alwin Voigts* in erster Reihe. Auch an *Percival Westells* Bird Studies darf erinnert werden. Diesen Arbeiten reiht sich das vorgenannte kleine Buch *Bernhard Hoffmanns*, der sich durch seine Untersuchungen über den Gesang der Vögel in den Fachzeitschriften vorteilhaft bekannt gemacht hat, an. Hoffmann geht in seiner Darstellung einen anderen Weg als Voigt und Zimmer. Mehr als die beiden genannten Verfasser legt er Wert darauf, neben der Beobachtung der Lautäußerungen auch das Auge bei der Bestimmung der einzelnen Arten mitwirken zu lassen. Beides, Auge und Ohr, sollen den jungen Anfänger, für welchen die kleine Schrift bestimmt ist, auf seinen Ausflügen leiten. Nicht im systematischen Aufbau der Klasse schildert Hoffmann die einzelnen deutschen Arten, von denen rund 200 behandelt werden. Er sucht seinem jungen Begleiter, der sich seiner Führung anvertraut, in den verschiedensten Jahreszeiten und in den mannigfachsten Geländeformen unserer Heimat die Kenntnis unserer Vögel zu vermitteln. Bei den Beobachtungen durch das Auge wird ein besonderer Wert auf diejenigen Merkmale der Arten gelegt, die sich beim flüchtigen Erscheinen der einzelnen Formen ergeben. Diese Kennzeichen sind knapp, treffend und frei von überflüssigen Einzelheiten, durchaus aber genügend für den Anfänger. Der Gesang und die verschiedenen Lautäußerungen werden neben einer Wiedergabe in Noten auch durch Silbenumschreibung charakterisiert, eine Form der Darstellung, die es auch dem unmusikalischen Beobachter ermöglicht, sich zurechtzufinden. Sie verdient in einem

Buche, wie dem vorliegenden, vor jener den Vorzug, welche durch eine Kombination des lautlichen Ausdrucks mit der Notenschrift allein eine Nachprüfung des Vogelgesanges zu erstreben sucht.

Das kleine Buch wird in seiner knappen ansprechenden Form der Darstellung seinen Zweck, den Anfänger in die Kenntnis unserer heimischen Vögel einzuführen, vollauf erreichen. Bei einer baldigen zweiten Auflage, die wir dem Buche wünschen, könnte von einer Wiedergabe der Bilder Abstand genommen werden.

H. Schalow, Berlin-Grünwald.

Lichtwitz, L., Klinische Chemie. Berlin, Julius Springer, 1918. VIII, 363 S. und 13 Abbild. Preis geh. M. 14,—, geb. M. 16,60.

Lichtwitz will in seinem Buche „dem Studierenden und jüngeren Ärzte gerade das übermitteln, was er zum völligen Verständnis der medizinischen Klinik braucht“. Da der Ton dabei auf „völlig“ zu legen ist, ist es fraglos viel mehr geworden, nämlich eine abgerundete, weise auf das Wesentliche beschränkte Darstellung der pathologischen Physiologie des Stoffwechsels. *Lichtwitz* bringt für diese Aufgabe, wie wohl nur ganz wenige Kliniker, eine tiefgehende chemische und physikalisch-chemische Bildung mit, die es ihm ermöglicht, das Riesenmaterial gerade in chemischer Hinsicht vorzüglich kritisch zu sichten und zu verwerten. Die wesentlichsten Gesichtspunkte, auf die der Leser immer wieder hingewiesen wird, liegen in der physikalisch-chemischen Betrachtungsweise. Klar und wohl auch dem Anfänger verständlich sind die Einführungen in die wichtigsten Grundbegriffe, wie Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtszustände, Löslichkeitsverhältnisse in kolloidalen Lösungen, Azidität usw. Die Bedeutung des Werkes scheint mir darin zu liegen, daß es unter dieser einheitlichen, noch nicht genügend verbreiteten Auffassungsart alte und neueste Erfahrungen zusammenzufassen sucht. Die große Literatur, die der Verfasser verarbeitet hat, ist mit stets ruhiger und sachlicher Kritik verwandt. Daß auf den zahlreichen noch strittigen Gebieten die Beurteilung des Verfassers nicht immer mit der des Lesers zusammentrifft, ist selbstverständlich. Bei der Hochflut experimenteller Arbeiten mit oft höchst verwickelten Versuchsbedingungen wird es oft sehr schwer sein, die Schwächen und Stärken einer Veröffentlichung zu erkennen; oft wird das Gesamturteil entscheidend beeinflusst durch die Bewertung, die der eine oder andere Autor und seine Zuverlässigkeit (es ist nötig, dieses harte Wort auszusprechen!) erfährt.

Die ersten 7 Kapitel enthalten die chemische Pathologie des Eiweißstoffwechsels. Besonders geglückt ist die Darstellung des Intermediärstoffwechsels sowie die Erörterung der Vitaminfrage, für die *Lichtwitz* den sehr glücklichen Namen „Nahrungshormone“ vorschlägt. Das Buch in seinen Einzelheiten zu würdigen, ist hier natürlich nicht möglich. Doch soll ein Beispiel angeführt werden, das des Verfassers gleichmäßige Beherrschung pathologischer und chemischer Fragen besonders gut zeigt; die Darstellung der Gicht. Auch im Körper, wie sonst, verlaufen alle chemischen Prozesse — auch die fermentativen — nicht vollständig, sondern führen zu einem Gleichgewichtszustand zwischen Ausgangsmaterial und Endprodukten. Bei Anhäufung eines Endproduktes tritt daher mit Notwendigkeit eine Reaktionshemmung ein. Bei der Gicht muß, wenn die Harnsäure unvollkommen ausgeschieden wird und eine Urikämie eintritt, auch die Harnsäurebildung aus den

Purinkörpern gehemmt sein; der Körper muß dann für den Purinkörperabbau sich in erhöhtem Maße der Purinolyse bis zum Harnstoff bedienen. Aufgabe der Behandlung ist es deshalb, durch eiweiß- und purinarmer Diät diesen Weg der Harnstoffbildung möglichst frei zu halten. Wird — wie etwa beim Atophan — die Harnsäureausscheidung gebessert, so kann dadurch wieder der Weg der Harnsäurebildung statt des Purinabbaus besritten werden. Soweit würde die rein renale Auffassung der Pathogenese der Gicht klar sein, die nach *Lichtwitz* zunächst in einer Partialschädigung der Harnsäureausscheidungsfunktion der Niere liegt. Darüber hinaus ist es aber wahrscheinlich, wie *Lichtwitz* an dem Beispiel der Invertaseschwächung in Hefestämmen erläutert, die in verschiedenen Gemischen von Rohrzucker und Invertzucker gezüchtet wurden, daß die Harnsäureanhäufung bei längerer Dauer zu einer irreversiblen Schwächung der Fermente des Purinstoffwechsels führt — ein Gedankengang, durch den „Nierengicht“ und „Stoffwechselgicht“ miteinander zu einer Einheit verknüpft werden. Die Beziehung der erhöhten Harnsäurekonzentration im Blute zum Ausfallen im Knorpel wird verständlich durch den Natriumreichtum des Knorpelgewebes einerseits, der nach dem Massenwirkungsgesetz die Löslichkeitsverhältnisse im Knorpel für die Urate ungünstiger gestaltet als im Blute, und durch die Reizwirkung der Uratsalze, die experimentell erwiesen ist, durch welche es zu Entzündung und Nekrose, also zu Kolloidfällungen kommt; durch den Wegfall des „Kolloidschutzes“ wird dabei das Ausfallen schwerlöslicher Salze erleichtert.

In den weiteren Kapiteln wird der Zuckerstoffwechsel, der Fettstoffwechsel, die Acidose dargestellt; namentlich das letzterwähnte Kapitel verdient besondere Hervorhebung.

Dann folgt Kapitel 13 über Blutgerinnung, Hämolyse, Eisenstoffwechsel und Anämie und Kapitel 14 über Hämoglobin und Gallenfarbstoffe. Im 15. Kapitel scheint mir die Leberpathologie, trotzdem vieles Wesentliche schon vorher behandelt werden mußte, etwas zu kurz gekommen zu sein; über die Experimente mit der Eckischen Fistel (auch der sogenannten „umgekehrten“) hätte sich vielleicht mehr sagen lassen.

Einen Höhepunkt bilden dann zwei Kapitel über die Niere — voll kritischer Arbeit und besonders reich an Anregungen. *Lichtwitz* weist aus rein physikalischen Gründen die Möglichkeit eines Filtrationsvorganges im Körper gänzlich ab und erläutert seine physikalische Auffassung von der echten Drüsentätigkeit am Beispiel der Urinbereitung. Die wichtigen Abschnitte über Reststickstoff, Uriämie und Ödem sind sorgfältigster Beachtung zu empfehlen.

Steinbildung und Verkalkung und Exsudate folgen, und den Schluß bildet das 20. Kapitel über den Verdauungstrakt, an dem die physikalische Chemie der Salzsäurebildung eine vorzügliche Darstellung erfährt.

Dem Buche, das entschieden einem Bedürfnisse entspricht, ist möglichste Verbreitung zu wünschen.

H. Freund, Heidelberg.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene Rückbildungsvorgänge am Eierstock des Haushuhnes (*Gallus domesticus*) (H. Stieve, Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Bd. 44, Heft 3/4). Die Fortpflanzungstätig-

keit aller Lebewesen ist im weitesten Maße von den äußeren Bedingungen abhängig, unter denen sich ein Individuum befindet. Freilebende Tiere pflanzen sich in der Gefangenschaft nicht, oder erst nach Gewöhnung an die neuen Verhältnisse fort, ja selbst Haustiere unterliegen dem Einfluß der Umgebung, so hören Haushühner sofort auf zu legen, wenn sie in enge Ställe oder kleine Käfige gesperrt werden. Die anatomischen Veränderungen, welche diesen Erscheinungen zugrunde liegen, wurden an Haushühnern untersucht. Als Folge des Gefangenlebens treten bei ihnen schwere Rückbildungsvorgänge am Eierstock auf, es erfolgt eine Degeneration zunächst der größten unmittelbar vor der Ablage stehenden Follikel. In ihnen zerfällt zuerst der Kern, dann unterliegt der Dotter einer langsamen Resorption. Tritt keine Gewöhnung an die veränderten Bedingungen ein, so greifen die Rückbildungsvorgänge auf den ganzen Eierstock über. Paßt sich das Tier jedoch den neuen Verhältnissen an, so stellt sich die normale Funktion des Eierstocks und mit ihr die gewöhnliche Legetätigkeit wieder ein. Dies ist jedoch erst dann möglich, wenn die unter dem Einfluß der ungünstigen äußeren Bedingungen degenerierten Follikel zum größten Teil zurückgebildet sind und der in ihnen enthaltene Dotter resorbiert ist. Die Geschwindigkeit, in der sich dieser Vorgang abspielt, ist abhängig vom Ernährungszustand des Individuums. Werden die gefangenen Hühner sehr reichlich gefüttert, dann erfolgt keine Resorption der degenerierten Follikel, die Rückbildungsvorgänge breiten sich vielmehr aus und es kommt zur fettigen Entartung des ganzen Eierstocks, wie sie bei Masttieren häufig beobachtet werden kann. Ist die Ernährung jedoch eine spärliche, so werden die degenerierten Follikel rasch resorbiert und die normale Geschlechtstätigkeit stellt sich wieder ein.

Die ersten Rückbildungsvorgänge an den Eierstöcken, welche die Unterbrechung der Legetätigkeit zur Folge haben, sind unabhängig von irgendwelchen anderen Umständen und offenbar nur eine Folge der psychischen Einflüsse, besonders der Angstgefühle, denen das Tier in der ungewohnten Umgebung ausgesetzt ist. Durch sie tritt aller Wahrscheinlichkeit nach eine Umgestaltung im Zustand des Gesamtorganismus ein, welche dann ihrerseits die Rückbildungen an den Keimorganen bedingt. Die Versuche zeigen also deutlich die ungeheure Abhängigkeit der Generationsorgane vom Zustand des Gesamtorganismus, die in ihren Folgezuständen längst und allgemein bekannt war, aber erst durch sie eine anatomische Grundlage erhalten hat. Es wäre jedoch falsch, aus den vorgefundenen Erscheinungen zu schließen, daß irgendwelche während des individuellen Lebens neu erworbene Eigenschaften, also zum Beispiel Verstümmelungen, in gleicher Weise auf die Keimzellen und durch sie auf die Nachkommen übertragen werden. Eine derartige Vererbung erworbener Eigenschaften findet sicher nicht statt, dagegen wird durch jede, auch die geringfügigste Umgestaltung irgend eines Körperteiles der Zustand des Gesamtorganismus umgeändert und als Folge davon treten dann Erscheinungen an den Generationsorganen, vielleicht auch an den Nachkommen auf. Diese sind jedoch unabhängig vom Sitz der Veränderung des elterlichen Organismus und lediglich die Folge der Umgestaltung der Keimzelle in ihrer Gesamtheit. Nur so läßt sich auch die Parallelinduktion erklären, indem niemals ein äußerer Reiz selbst eine Veränderung am Soma oder Keimplasma hervorruft, sondern stets nur die Reaktion des Gesamtorganismus auf den Reiz, welche alle Körper-

zellen, also auch die der Keimdrüsen gleichmäßig beeinflußt, jedoch nur an den reaktionsfähigen für uns sichtbare Veränderungen erzeugt. *Autoreferat.*

In der ökologischen Pflanzengeographie ist in den letzten Jahrzehnten der sogenannte „**Xerophytencharakter**“ der Hochmoorpflanzen zu einem vielumstrittenen Problem geworden. Schimper suchte die paradoxe Tatsache, daß eine ganze Reihe von Hochmoorpflanzen ausgesprochen xerophytische Struktur besitzt, d. h. Schutzmittel gegen zu starke Transpiration aufweist, dadurch zu erklären, daß durch die freien Humussäuren die Wasseraufnahme erschwert wird; es muß sich darnach der Organismus auf niedere Wasserbilanz einstellen. Hochmoorböden sind also, wie Schimper sich ausdrückt, „physiologisch trocken“. Gegen diese Theorie, die sich viele Anhänger erworben hat, wendet sich Montfort in einer ausführlichen Arbeit (Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen; *Zeitschr. f. Bot.* 10, 1918). Er weist zunächst darauf hin, daß eine ganze Reihe der „typischen“ Hochmoorxerophyten in erster Linie auf dem sekundären Hochmoor, der trockenen Moorheide, vorkommt, also für die Betrachtung ausscheidet. Hierher gehören z. B. das Borstengras (*Nardus stricta*), der Sumpfporst (*Ledum palustre*), die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), das Heidelkraut (*Calluna vulgaris*) und einige andere Ericaceen. Daneben gibt es aber auch richtige Hochmoorericaceen, die mitten im wasserdurchfeuchteten Torfmoore stehen und trotzdem xerophytische Anpassungen zeigen. Dies gilt von der Andromedaheide (*Andromeda polifolia*) und der zierlichen Moosbeere (*Vaccinium oxycoccus*). Daß hier aber die Schimpersche Deutung nicht zu Recht bestehen kann, geht daraus hervor, daß diese Xerophyten zusammenleben mit deutlichen Hygrophysten, d. h. Pflanzen mit sehr hoher Wasserbilanz. So treffen wir in ihrer Gesellschaft den Sonnentau (*Drosera*), den Fieberklee (*Menyanthes*), das Sumpfeileichen (*Viola palustris*) u. a. an. Den Schlüssel zu dieser Erscheinung liefert uns die Tatsache, daß *Andromeda* und *Vaccinium oxycoccus* immergrün sind. Sie bewahren also ihr Laub auch im Winter, wo der Boden gefroren und die Wasserversorgung infolgedessen unterbunden ist. Kein Wunder also, wenn sie Vorrichtungen treffen, die Transpiration einzudämmen. Im Einklang damit steht, daß 2 andere Moorericaceen mit winterlichem Laubfall, die Heidelbeere (*Vaccinium Myrtillus*) und die Sumpfheidelbeere (*Vaccinium uliginosum*) keinen ausgeprägten Xerophytenbau besitzen. Neben den Moorericaceen werden noch eine ganze Reihe anderer Arten zugunsten der Schimperschen Theorie angeführt. Aber die Merkmale, auf welche sich diese Aussagen stützen, sind vielfach anfechtbar. So steht die Reduktion der Blattfläche, die man bei vielen Hochmoorpflanzen beobachten kann, nicht im Dienste der Transpirationshemmung, sondern sie ist ein Ausdruck der Unterernährung, welche im Hochmoor infolge der Nährsalzarmut herrscht. Nach Ausscheidung dieser Fälle bleibt indes ein Rest einwandfreier Xerophyten erhalten. Montfort weist nun darauf hin, daß es sich bei diesen Formen, zu denen die Rasenbinse (*Scirpus caespitosus*) und die Wollgrasarten (*Eriophorum*) zählen, um Frühblüher handelt, das heißt um Gewächse, die sich schon im ersten Frühjahr entfalten, also zu einer Zeit, wo der Boden noch vielfach gefroren und infolgedessen die regelmäßige Wasserversorgung gefährdet ist. Wo sich also, das ist das Ergebnis, Xerophytenbau nachweisen läßt, da ist er ein Ausdruck der klimatischen Faktoren, der zeitlich wechselnden Wasserversorgung, nicht

aber eine Folge des schädigenden Einflusses der Humussäuren. Vermutlich wirken hierbei noch historische Momente mit, insofern als das Hochmoor noch eine Reihe von Glazialrelikten birgt, die ihre morphologische Eigenart den zur Eiszeit wirkenden Verhältnissen verdanken. Zweifellos herrschten damals Zustände, die der Ausbildung einer Xerophytenvegetation günstig waren, so daß in manchen Fällen die wirksamen Ursachen in der Vergangenheit zu suchen wären. Ein in Aussicht gestellter experimentell-physiologischer zweiter Teil soll diese Verhältnisse noch von anderer Seite beleuchten.

P. St.

Eine Verbesserung des Gasglühlichtes. Die große Empfindlichkeit des Gasglühlichts, namentlich der Hängebrenner, gegenüber Änderungen in der Zusammensetzung des Gases hat in der letzten Zeit, wo infolge des Kohlenmangels in allen Städten eine weitgehende Streckung des Steinkohlengases mit Wassergas notwendig wurde, vielfach Schwierigkeiten und Unzufriedenheit bei den Gasverbrauchern verursacht. Durch den Zusatz von Wassergas ändert sich nämlich nicht nur die Dichte des Gases, sondern auch die chemische Zusammensetzung und damit die zur vollkommenen Verbrennung des Gases erforderliche Luftmenge, da ein solches Mischgas mehr Wasserstoff und weniger schwere Kohlenwasserstoffe enthält. Infolgedessen zeigen die Hängelichtbrenner, die bisher gut gearbeitet haben, plötzlich Neigung zum Flackern und Rauschen und bedürfen einer häufigen Regulierung. Dr.-Ing. *Allner* hat den Einfluß des Gasdruckes und der Form des Brennermundstückes sowohl auf die Luftansaugung als auch auf die Lichtausbeute eingehend untersucht und dabei die Beobachtung gemacht, daß die Weite des Magnesiamundstückes der Brenner von großem Einfluß auf das richtige Funktionieren der Hängelichtbrenner ist.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf eine Reihe 100-kerziger Hängelichtbrenner, die von verschiedenen Firmen stammten und mit verschiedenartigen Regulierdüsen und Luftregelungen versehen waren. Die Brenner waren von einer besonderen Luftkammer umgeben, der eine genau meßbare Luftmenge zugeführt wurde; ebenso wurde die dem Brenner zugeführte Gasmenge mit einem Rotamesser genau festgestellt. Zunächst wurde die Einstellung des Wärmeleichgewichts unmittelbar nach dem Anzünden des Brenners beobachtet, wobei sich zeigte, daß infolge der ungleichen Erwärmung der einzelnen Brennteile die Luftansaugung zunächst kleiner wird, daß aber nach 8 Minuten bereits ein Beharrungszustand eintritt. Die nähere Betrachtung der Vorgänge in dem Brennermischrohr sowie praktische Versuche führten sodann zu der Erkenntnis, daß der Hängelichtbrenner durch einfache Verengung des Brennermundstückes an die wechselnde Beschaffenheit des Gases in weiten Grenzen angepaßt werden kann. Bei den normalen Brennern hat das Mundstück einen inneren unteren Durchmesser von 13,5 mm; während ein solcher Brenner sich als sehr empfindlich erwies, namentlich gegen eine Verminderung des Gasdruckes, konnte bei Anwendung eines Mundstückes von nur 10,5—11 mm innerem unteren Durchmesser der Gasdruck in ziemlich weiten Grenzen nach oben oder nach unten geändert werden, ohne daß das bekannte Brodeln und Rauschen der Flamme eintrat. Als besonders erwünschte Erscheinung zeigte sich hierbei noch, daß auch die Lichtausbeute bei der Verwendung des engen Mundstückes größer wird, offenbar aus dem Grunde, weil durch das

enge Mundstück die Flamme straffer und das Flammenvolumen kleiner wird. Die Versuche wurden auch auf Niederdruck-Starklichtlampen ausgedehnt, wie sie vielfach zur Straßenbeleuchtung dienen, und zwar mit dem gleichen Ergebnis; auch hier wurde durch Verringerung des Durchmessers des Brennermundstückes von 15—16 mm auf 13,5—14 mm eine größere Unempfindlichkeit der Flamme und zugleich eine Steigerung der Lichtausbeute erzielt.

Als Folgerung für die Praxis ergibt sich aus diesen interessanten Versuchen, daß für Steinkohlengas mit Wassergaszusatz („Kriegsgas“) mit Rücksicht auf seinen geringeren Luftbedarf Brenner mit engerem Mundstück zu verwenden sind, weil diese sich besser allen vorkommenden Schwankungen in der Zusammensetzung und im Druck des Gases anpassen, ohne einer häufigen Nachregulierung zu bedürfen. Durch dieses einfache Mittel wird es also in den meisten Fällen möglich sein, die in letzter Zeit besonders häufigen Klagen der Gasabnehmer über das mangelhafte Funktionieren ihrer Brenner zu beseitigen. (*Journ. für Gasbeleuchtung*, Bd. 60, S. 460—466.) S.

Herstellung künstlicher Kohle in Norwegen. Der Kohlenmangel, der sich in den fast ganz von englischer Zufuhr abhängigen skandinavischen Ländern besonders stark fühlbar macht, hat in Norwegen zur Einführung eines Verfahrens zur Herstellung künstlicher Kohle geführt. Das Rohmaterial hierfür bilden die an organischen Stoffen sehr reichen Ablaugen der Zellstofffabriken, die ja während des Krieges auch bei uns zur Gewinnung von Spiritus sowie zur Herstellung zahlreicher Ersatzstoffe Anwendung gefunden haben. Bei der Herstellung von Sulfitkohle nach dem neuen Verfahren, das von dem norwegischen Ingenieur *Strehlenert* ausgearbeitet ist, wird die Ablauge zunächst durch Zusatz von Natriumbisulfat von dem darin enthaltenen Kalk befreit und hierauf in einem Kocher auf etwa 110° erhitzt. Sodann wird unter Einblasen von Preßluft bei einem Druck von 20 at das Erhitzen fortgesetzt, wobei man eine breiige schwarze Masse erhält, die abgelassen und auf einem Sieb vom Wasser getrennt wird. Die chemischen Vorgänge während des Kochprozesses sind nach einem Bericht in der „Zeitschrift für angewandte Chemie“ die folgenden: Die in der Ablauge enthaltene freie schweflige Säure wird zu Schwefelsäure oxydiert, die unter dem zur Anwendung gelangenden hohen Druck die in der Lauge enthaltenen ligninsulfosauren Salze zersetzt. Man erhält auf eine Tonne Zellstoff, je nachdem man Starkstoff oder bleichbaren Zellstoff herstellt, 540 bis 900 kg Kohle, die angeblich nur 4—5 % Asche enthält und einen Heizwert von 6800 Wärmeinheiten besitzen soll. Eine Fabrik, die jährlich 25 000 t Zellstoff herstellt, kann mit Hilfe von 8 Autoklaven von je 10 cbm Inhalt 22 000 t Kohle gewinnen. Die Kosten einer derartigen Anlage betragen nach Angabe von *Strehlenert* etwa 600 000 Kr. Die Herstellungskosten für eine Tonne Kohle sollen in normalen Zeiten nur 5—6 Kr., unter den heutigen Verhältnissen etwa 10 Kr. betragen. Der so erhaltene Brennstoff soll entweder in feuchtem Zustand oder getrocknet in gleicher Weise wie Kohlenstaub verfeuert werden können. Wenn diese Berechnungen sich im Großbetriebe bestätigen, wird die Brennstoffversorgung der norwegischen Industrie mit Hilfe dieses neuen Verfahrens eine recht erhebliche Erleichterung erfahren. Die erste derartige Anlage wurde vor kurzem in Greaker bei Frederikstad in Betrieb genommen. S.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 7.

14. Februar 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen. Von *Geheimrat Dr. F. Plato, Berlin*. S. 97.

Die Zoologie und ihre Leistungen im Kriege 1914 bis 1918. Zugleich ein Beitrag zur Frage der angewandten Zoologie in Deutschland. Von *Prof. Dr. Albrecht Hase, Jena*. S. 105.

Besprechungen:

Ereky, Karl, Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe. Von *H. Pringsheim, Berlin*. S. 112.

Zuschriften an die Herausgeber:

Lichtmessungen an Planetenscheiben. Von *J. Hartmann, Göttingen*. S. 112.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

—
Kein Zuheisswerden

—
Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung
der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 59 maliger Wiederholung
10 20 30 40 ⁹/₁₀ Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschienen:

Forst- und Jagd-Kalender 1919

69. Jahrgang. Zwei Teile

Bearbeitet von

Dr. M. Neumeister

Geh. Oberforststrat und Oberforstmeister in Dresden

Erster Teil (Kalendarium, Hilfsbuch, Tabellen usw.)

Ausgabe A

Schreibkalender (106 Seiten): 7 Tage auf der linken
Seite, rechte Seite frei

Preis gebunden M. 4.—

Ausgabe B

Schreibkalender (188 Seiten): auf jeder Seite
2 Tage

Preis gebunden M. 4.20

Soeben erschienen:

Ingenieur-Kalender 1919

für Maschinen- und Hütten-Ingenieure

Herausgegeben von

Baurat Professor **Fr. Freytag**, Chemnitz

Herausgeber des „Hilfsbuches für den Maschinenbau“

XLI. Jahrgang. In zwei Teilen

Mit über 400 Textfiguren und vielen Zahlentafeln

I. Teil gebunden, II. Teil geheftet

Preis zusammen M. 5.60

Soeben erschienen:

Chemiker-Kalender 1919

Ein Hilfsbuch

für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten,
Hüttenmänner usw.

Von Dr. **Rudolf Biedermann**

In zwei Teilen

Vierzigster Jahrgang

I. Teil gebunden, II. Teil geheftet Preis M. 6.60

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

14. Februar 1919.

Heft 7.

Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen.

Von Dr. Plato,

Geheimer Regierungsrat bei der Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ständiger Vertreter des Direktors.

Der Wirkungskreis der Behörde.

Artikel 18 der Maß- und Gewichtsordnung vom 17. August 1868 bestimmt im ersten Absatz: Es wird eine Normal-Eichungskommission vom Bunde bestellt und unterhalten. Dieselbe hat ihren Sitz in Berlin. Am 16. Februar 1869 erschien dann eine Bekanntmachung des Bundeskanzlers des Norddeutschen Bundes mit dem Wortlaute: „Auf Grund der Bestimmungen in den Artikeln 18 und 23 der Maß- und Gewichtsordnung für den Norddeutschen Bund vom 17. August 1868 ist eine Normal-Eichungskommission errichtet, welche in Berlin ihren Sitz hat und die durch die erwähnten Bestimmungen ihr übertragenen Funktionen unter der Bezeichnung „Normal-Eichungs-Kommission“ ausüben wird.“ Somit ist der 16. Februar 1869 als der Geburtstag der Normal-Eichungskommission (Schreibweise der M. u. G. O. vom 30. Mai 1908) anzusehen, und am 16. Februar 1919 kann die Behörde auf ein 50jähriges Bestehen zurückblicken. Nachdem die M. u. G. O. des Norddeutschen Bundes durch § 2 des Gesetzes betreffend die Verfassung des Deutschen Reiches vom 16. April 1871 zum Reichsgesetz erhoben worden war, erhielt die Behörde durch Erlaß vom 3. August 1871 die Bezeichnung: „Kaiserliche Normal-Eichungs-Kommission“. Unter den neuen Verhältnissen ist ihr der, ihre Aufgaben übrigens in viel zutreffenderer Weise kennzeichnende Name „Reichsanstalt für Maß und Gewicht“ beigelegt worden.

Nach Artikel 4 Ziffer 3 der Verfassung unterliegt die Ordnung des Maß- und Gewichtswesens der Gesetzgebung und Beaufsichtigung durch das Reich. Es hat die technische Seite der ihm hieraus erwachsenden Verwaltungsaufgaben der Reichsanstalt für Maß und Gewicht (R. M. G.) übertragen. Diese ist also betraut, einmal mit der Hütung und Erhaltung des Maß- und Gewichtssystems und dann mit der Regelung und Beaufsichtigung des Eichwesens, wogegen sie mit der Maß- und Gewichtspolizei und der praktischen Ausführung der Eichung, mit letzterer wenigstens im allgemeinen, nichts zu tun hat.

In Deutschland herrscht das metrische Maß- und Gewichtssystem, dessen beide Grundeinheiten, „das Meter und das Kilogramm, durch die

in dem internationalen Maß- und Gewichtsbureau niedergelegten internationalen Prototype dargestellt werden. Jedes der dem internationalen Metervertrag beigetretenen Länder besitzt eine genaue Nachbildung dieser Prototype, die aus dem gleichen Gußblock aus Platin-Iridium hergestellt ist, wie die internationalen Prototype. Die deutschen Urmaße des Meters und des Kilogrammes werden gemäß § 2 und § 4 der M. u. G. O. vom 30. Mai 1908 von der R. M. G. aufbewahrt und liegen in ihrem Dienstgebäude in einem in die Fundamente eingebauten feuersicheren Gewölbe, dessen eiserne Tür nur durch die gleichzeitige Benutzung zweier Schlüssel geöffnet werden kann, von denen der eine sich in den Händen des ältesten Mitgliedes der Behörde, der zweite in denen des Bureauvorstehers befindet. Soll eines der Urmaße zu Beobachtungen verwendet werden, so wird es in Gegenwart der beiden genannten Beamten durch den Leiter der Arbeitsgruppe für Längenmessungen oder für Wägungen entnommen und vor Ingebrauchnahme mit größter Sorgfalt auf etwa vorhandene Verunreinigungen oder Beschädigungen untersucht. Sind die Beobachtungen beendet, so wird es nach abermaliger genauester Besichtigung durch die gleichen 3 Beamten an seinen Aufbewahrungsort zurückgebracht. In dem Gewölbe herrscht fast unveränderlich das ganze Jahr hindurch die gleiche Temperatur. Durch aufgestellte Gefäße mit Chlorcalcium wird dafür gesorgt, daß auch die Feuchtigkeit sich ständig auf der gleichen Höhe von rund 50 % hält. Alle 6 Wochen wird das Gewölbe geöffnet und werden Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft nachgeprüft.

Die Herausnahme der deutschen Urmaße aus ihrem Verschuß findet nur selten statt, denn sie dienen fast ausschließlich zur Richtighaltung der Arbeitsnormale der R. M. G., die in regelmäßiger Zeitfolge wiederholt mit ihnen verglichen werden. Sonst werden sie nur ausnahmsweise bei der Bestimmung allerfeinsten Maße und Gewichte, die bei grundlegenden wissenschaftlichen Arbeiten verwendet werden, mit herangezogen. An die Arbeitsnormale werden die geringeren Normale der R. M. G. und die Hauptnormale der Eichaufsichtsbehörden sowie die überwiegende Zahl der Normalmaße in Wissenschaft und Industrie angeschlossen. Von den Hauptnormalen werden die Kontrollnormale und durch diese die Gebrauchsnormale der Eichbehörden, von den Normalmaßen werden die Meß- und Lehrwerkzeuge in den industriellen Betrieben abgeleitet. Mit den Arbeitsnormalen endlich werden

lassen. Hierbei werden die Vorschriften besprochen, etwaige irrtümliche Auslegungen berichtigt, auch alle einschlägigen Fragen der Beamten beantwortet. Soweit möglich, findet auch eine Teilnahme an den Eichtagen für die periodische Nach Eichung namentlich auf dem Lande statt. Für einzelne Arten von Meßgeräten hat sich die R. M. G. die Eichung selbst vorbehalten oder sie unter ihre dauernde Aufsicht gestellt. Es handelt sich hierbei um Geräte, bei denen das Prüfungsverfahren noch einer weiteren Durchbildung und Erprobung bedarf oder besondere Vorkenntnisse erfordert, die bei einem Eichbeamten nicht ohne weiteres vorausgesetzt werden können. Ausschließlich von der R. M. G. werden geeicht die Flächenmaße (Planimeter, Ledermeßmaschinen), die Wassermesser und einige Arten besonders feiner Aräometer. Unter ihrer besonderen Aufsicht steht zurzeit die Eichung der übrigen Aräometer, der Meßwerkzeuge für wissenschaftliche und technische Untersuchungen und der Getreideprober zu 20 Liter. Die wissenschaftlichen und technischen Untersuchungen der R. M. G. sind veröffentlicht in Nr. 1 bis 7 der „Metronomischen Beiträge“ und seit dem Jahre 1895 in den eine Fortsetzung der Beiträge bildenden „Wissenschaftlichen Abhandlungen der Kaiserlichen Normal-Eichungskommission“. Von letzteren sind bisher 9 Hefte erschienen.

Neben diesen ausschließlich für den öffentlichen Verkehr bestimmten und ihr durch die Maß- und Gewichtsordnung zugewiesenen Eichungen führt die R. M. G. noch eine große Anzahl von Eichungen, Prüfungen und Beglaubigungen aus, teils für Behörden, teils für Institute und einzelne Gelehrte oder für andere Betriebe und Privatleute. So müssen alle zur Vermessung von Fluß- und Seeschiffen dienenden Meßgeräte auf Grund der Schiffsvermessungsordnungen von der R. M. G. geeicht oder beglaubigt werden. Das gleiche gilt für viele von den Zollbehörden benutzte Meßgeräte entsprechend den Vorschriften des Zolltarifes, der Branntweinsteuergesetze, Zuckersteuer-, Wein-, Brausteuer- und anderer Gesetze und verschiedener Anleitungen für die Zollabfertigung. Von weiteren Behörden und Instituten seien hauptsächlich die physikalischen und chemischen, auch die Zuckerlaboratorien erwähnt, ferner die Münze und die Prüfungsstelle beim Reichsschatzamt, das Fabrikationsbureau in Spandau, die militärtechnischen Versuchsanstalten, Artilleriewerkstätten, Marinebehörden usw., für die feinste Maßstäbe und Gewichte, auch Hohlmaße, Lehren, Aräometer usw. dauernd untersucht werden. Von den industriellen Betrieben seien hervorgehoben die Wagen- und die Meßwerkzeugfabriken, auch die Kugellagerfabriken, Munitions-, Gasmesserfabriken u. a. m. Einen weiten Spielraum nehmen die Arbeiten für die Ausrüstung von Eichbehörden des Inlandes und Auslandes mit Normalen und Normalapparaten ein,

die zuvor in der R. M. G. geprüft werden. Umfangreiche Lieferungen gingen nach Italien, aber auch Österreich, Ungarn, Rußland, die Schweiz, die Niederlande, die Türkei, selbst England und in jüngster Zeit Polen und die baltischen Ostseegebiete nebst Litauen haben die Behörde vielfach in Anspruch genommen. Nebenher gingen die Ausrüstung von deutschen Aufsichtsbehörden und Eichämtern sowie die Ordnung und Einrichtung des Eichwesens und der Eichbehörden in den Kolonien.

Als letzte von den Aufgaben der R. M. G. sei ihre *Mitwirkung an der technischen Gesetzgebung* angeführt. Sie ist selbst gesetzgebende Behörde, denn die von ihr erlassene Eichordnung ist ein Gesetz, sie ist mit allen ihren Übergangsbestimmungen und Nachträgen im Reichsgesetzblatt veröffentlicht. Daß die R. M. G. an der Vorbereitung der Maß- und Gewichtsordnung und an der Ausarbeitung ihres Entwurfes und seiner Vertretung im Bundesrat und Reichstag regsten Anteil genommen, ebenso an den Entwürfen der zugehörigen kaiserlichen Verordnungen und der Bekanntmachungen des Bundesrats, wie Eichgebührenordnung, Bek. über die bei der Eichung und Stempelung zu verwendenden Stempel- und Jahreszeichen, Bek. über die Zulassung von nicht metrischen Meßgeräten im eichpflichtigen Verkehr, Bek. über die Verkehrsfehlergrenzen der Meßgeräte usw., ist selbstverständlich. Aber auch an einer ganzen Reihe anderer, ihrem eigentlichen Arbeitsgebiete zum Teil recht fern liegender Gesetze und Verordnungen war und ist sie stark beteiligt; so z. B. an verschiedenen Ausführungsbestimmungen zum Zolltarif, dem Branntweinsteuergesetz, dem Zuckersteuergesetz, dem Weingesetz, dem Brausteuer-gesetz, dann dem Gesetz betreffend die Bezeichnung des Raumgehalts der Schankgefäße, den Bekanntmachungen, betreffend Bestimmungen für den Kleinhandel mit Garn, betreffend Bestimmungen für den Kleinhandel mit Kerzen usw. Die Aufzählung ist bei weitem nicht vollzählig, es würde aber über den Rahmen dieses Aufsatzes weit hinausgehen, wollte hier Vollständigkeit angestrebt werden. Die R. M. G. ist im Bereiche des Reichsamts des Innern, des Reichswirtschaftsamtes und des Reichsarbeitsamtes die einzige technische Behörde, und so ergibt es sich von selbst, daß sie zur Lösung aller technischen Aufgaben dieser Zentralbehörden herangezogen wird.

Ursprünglich beschränkte sich die Tätigkeit der R. M. G. streng auf diejenigen Aufgaben, die ihr durch Artikel 18 der Maß- und Gewichtsordnung vom 17. August 1868 zugewiesen waren. Alljährlich ein- oder zweimal versammelte sich in Berlin eine Anzahl von Gelehrten und Eichpraktikern, die beigeordneten Mitglieder, zu einer „Plenarversammlung“, in der über die Zulassung neuer Meßgeräte und über Änderungen der Vorschriften Beschluß gefaßt wurde. Das „Plenum“ bildete die eigentliche „Normal-

Eichungskommission“, die also damals auch ihren Namen zu Recht führte. Dem Direktor der Kommission waren lediglich zur Beihilfe zwei Assistenten und ein Mechaniker zugeordnet. Als dann zur Fortbildung des Eichwesens größere wissenschaftliche Arbeiten ausgeführt werden mußten, als neue Aufgaben technischer Natur an die R. M. G. herantraten, mußte die Zahl der wissenschaftlich-technischen Beamten dauernd vermehrt werden. Zurzeit besteht die ständige Abteilung neben dem Verwaltungsdirektor und seinem technischen ständigen Vertreter aus 8 Mitgliedern, 19 ständigen Mitarbeitern und 6—10 technischen Hilfsarbeitern, dem üblichen Bureaupersonal, einem Konstruktionszeichner und 5—6 Mechanikern. Der Schwerpunkt liegt also jetzt bei der ständigen Abteilung, deren Arbeitsgebiet an Umfang ganz wesentlich zugenommen hat, während die Befugnisse der Vollversammlung ungeändert geblieben sind. So war die Namensänderung in jeder Beziehung zweckmäßig. Die R. M. G. würde noch wesentlich größer sein, wenn sie nicht bereits zweimal große Arbeitsgebiete abgetreten hätte. So wurde im Jahre 1887 die Prüfung der ärztlichen Thermometer, der Abelpenskyschen Petroleumprober und der Dampfkessel-Sicherungsringe auf die zweite Abteilung der neu begründeten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt übertragen. Im Jahre 1902 wurde von der R. M. G. die technische Prüfungsstelle des Reichsschatzamts als eigene Behörde abgezweigt und mit der Überwachung der Siemensschen Spiritusmeßapparate betraut.

Die Einrichtungen der Behörde (für Längenbestimmungen).

Mit der Vermehrung des Geschäftsumfanges und der Beamtenzahl hat die Vervollkommnung der Einrichtungen gleichen Schritt gehalten. Die wichtigsten und zahlreichsten unter diesen Einrichtungen sind diejenigen für Längenbestimmungen (Komparatoren) und diejenigen für Massenbestimmungen (Wagen). Bei den Komparatoren unterscheidet man nach der Zweckbestimmung zwischen Endmaß- und Strichmaßkomparatoren, ferner, je nachdem die zu prüfenden Maßstäbe auf einer horizontalen Unterlage ruhen oder vertikal gelagert sind, zwischen Horizontal- und Vertikalkomparatoren, dann bei den Horizontalkomparatoren nach der Bewegungsrichtung der Mikroskope oder Maßstäbe zwischen Transversal- und Longitudinalkomparatoren und endlich zwischen Komparatoren mit frei auf einer Schiene beweglichen und mit — durch eine Schraube, die zugleich als Meßschraube dient — zwangsläufig geführten Mikroskopen. Komparatoren, die zugleich zur Prüfung von Endmaßen und Strichmaßen benutzt werden können, oder auch solche, bei denen die Bewegung der Mikroskope oder Stäbe sowohl in Richtung der Stäbe wie rechtwinklig zu ihr erfolgen kann, bezeichnet man als Universalkomparatoren. Von allen diesen ver-

schiedenen Gattungen besitzt die R. M. G. mindestens einen Vertreter, meist aber deren mehrere verschiedener Genauigkeit, Bauart und Herkunft, auch verschiedener Größe, zum Messen von Millimetermaßen bis zu 40-Meter-Meßbändern und Meßdrähten. Es würde zu weit führen, alle Komparatoren im einzelnen zu beschreiben, doch mögen einige der wichtigsten Vertreter hier Platz finden.

Bevor auf das Hauptinstrument der R. M. G. eingegangen wird, möge zunächst der Raum (Komparatorsaal) geschildert werden, in dem es aufgestellt ist. Bei den Längenvergleichen spielt die Temperatur eine besonders wichtige Rolle, sie muß sich im Raume möglichst lange Zeit hindurch gleich bleiben oder mindestens keine schnelleren Schwankungen aufweisen, sie darf sich aber auch nicht schichten, sondern muß in verschiedenen Höhenlagen nur geringe Unterschiede aufweisen. Um zunächst von den Einwirkungen des Wetters (Schwankungen der Außentemperatur, Wind) frei zu werden, ist der Komparatorsaal in der Mitte des Dienstgebäudes angeordnet. Ringsherum ist er von zwei starken Steinwänden umgeben, zwischen denen eine Luftschicht von 80 cm freigelassen ist. Die Wände stehen so wie zwei große Glocken übereinander. Die Sohle des Saales liegt etwa 2,5 m unter dem Erdboden. Der Beobachter steht auf einem siebartig durchlöcherten eisernen Fußboden, der 85 cm unter dem Erdboden von einem besonderen Eisengerüst getragen wird. Fenster sind nicht vorhanden, die Wände sind nur durch zwei gegenüberliegende Doppeltüren durchbrochen, die in Vorräume führen und von ihnen den Zugang vermitteln. Der Schutz gegen Wärmeschwankung und die gute Verbindung mit dem Erdboden verursachen eine vorzügliche Gleichmäßigkeit der Temperatur im Raume. Die Tagesschwankungen der Außentemperatur machen sich im Innern so wenig bemerkbar, daß sie an der Grenze der Beobachtung liegen. Die Jahresschwankungen liegen zwischen 5 und 17° C, sie gehen aber so langsam vor sich, daß ein merklicher Unterschied zwischen der Temperatur des Raumes und der des Komparators nicht zu befürchten ist. Um den Saal jederzeit auch auf höhere Temperaturen bringen zu können, sind in dem Raum unter dem Eisengerüst vier gewöhnliche Gasöfen an gleichmäßig verteilten Stellen angebracht. Sie sind mit großen schrägen Blechplatten überdacht, die die aufsteigende warme Luft in breitem Strome gegen die Wand leiten. Hier steigt sie hoch, noch verteilt durch das Eisengerüst, und senkt sich dann in langsamem Kreislauf durch die Mitte nach unten. Dadurch wird erreicht, daß selbst bei den höchsten Temperaturen zwischen oben und unten höchstens 0,2 bis 0,3° Unterschied verbleiben. Ein Gasreglungshahn sorgt dafür, daß die einmal erreichte Temperatur sich dauernd auf gleicher Höhe erhält. Zur Abkühlung des Raumes ist in der unteren Wand ein Ventilator von

$\frac{1}{2}$ PS aufgestellt, der in der Minute 10 cbm Luft fördern kann. Indessen wird er selten benutzt, denn bei der schlechten Wärmeleitung und hohen Kapazität der Mauern bewirkt er nur eine verhältnismäßig geringe Beschleunigung des Herabsinkens der Temperatur auf die Ausgangswärme, die sonst in etwa zwei Wochen erfolgt. Zudem ist die Heizung in besondere Tröge verlegt, von denen noch die Rede sein wird.

Andere Einrichtungen sorgen für Erschütterungsfreiheit und zugleich für Feuchtigkeitsschutz. Der ganze Saal steht auf sumpfigem Grunde, der erst durch Einrammen zahlreicher Pfähle festgemacht werden mußte. Die Elastizität dieses Grundes wurde dann durch eine Sandschüttung gedämpft. Auf ihr ist ein gewaltiger Betonklotz aufgemauert, der die Form einer Wanne hat, auf deren Rändern die inneren Umfassungsmauern ruhen. Die Wanne ist nach allen Seiten von Feuchtigkeits-Isolationsschichten durchzogen und innen mit trockenem, ausgeglühtem Sande gefüllt. Auf dem Sande stehen die pyramidenförmigen Pfeiler, auf denen die Mikroskope des Instrumentes ruhen. Ganz isoliert von diesem Innenbau und besonders fundamentierte sind die äußeren Umfassungsmauern des Saales, die mit dem Gebäude in Verbindung stehen. Der eiserne Rost, auf dem der Beobachter sich bewegt, und alle Führungen sind in der äußeren Umfassungsmauer verankert, um Übertragung von Erschütterungen auf die Meßinstrumente zu vermeiden, was auch bis auf bedeutungslose Reste gelungen ist.

Der Saal enthält zwei Komparatoren, einen zur Vergleichung von 1 m-, den zweiten zur Prüfung von 4 m-Stäben, beide von *Wahnschaff* begonnen und von *Heele* zu Ende geführt. Sie stehen einander gegenüber in einiger Entfernung von den undurchbrochenen Wänden. Auf die Pfeiler ist zunächst eine große Sandsteinplatte gebracht, auf der gußeiserne Platten von 75–100 kg Gewicht liegen, die mit vier Schrauben im Sandstein verfestigt sind. Auf den Platten ist durch Stellschrauben von vier Seiten ein Schlitten beweglich, der selbst eine große Masse besitzt und eine zweite schwere Platte mit dem Mikroskop trägt, die durch Anzieh- und Abstoßschrauben die Mikroskopachse senkrecht zu stellen gestatten. So sind die Mikroskope nach allen Richtungen hin verschiebbar. Bei der großen Massigkeit der ganzen Einrichtung ist ein schädlicher Einfluß von Verbiegungen und Temperatursprüngen fast völlig ausgeschlossen. Die zu vergleichenden Stäbe ruhen auf verstellbaren Tischen in einem Troge, von zylindrischem Querschnitt mit doppelten Wänden, zwischen denen eine Flüssigkeit umläuft, die durch elektrische Heizung auf jede beliebige Temperatur gebracht und auf ihr erhalten werden kann. Solcher Tröge sind zwei vorhanden. Werden beide Stäbe bei gleicher Temperatur beobachtet, so ruhen sie in einem Troge auf zwei nebeneinander angeordneten Tischen.

Bei absoluten Ausdehnungsbestimmungen wird der eine Stab in einem Troge dauernd auf der gleichen Temperatur erhalten, während der zweite Stab im anderen Troge auf wechselnde Temperaturen gebracht wird.

Da die Mikroskope keine Bewegung haben, müssen die Stäbe einzeln unter sie gebracht werden. Zu diesem Zwecke sind die Tröge auf Wagen montiert, die auf Schienen laufen. Nach erfolgter Beobachtung wird der Wagen auf eine Drehscheibe gefahren, dort umgedreht und hernach unter die Mikroskope zurückgeführt, die nun auf den zweiten Stab blicken. Elastische und verstellbare Anschläge sorgen dafür, daß die Einstellung auf die Stäbe immer die gleiche und genaue ist, und daß das Anhalten der Wagen erschütterungsfrei erfolgt. Die ganze Bewegung der Wagen kann entweder von Hand bewirkt werden oder auch selbsttätig durch elektrischen Antrieb erfolgen. Bei der Beobachtung sind die Tröge durch einen Deckel verschlossen, das Anvisieren der Stäbe geschieht durch eine Schaulöffnung bei wagerechter Lage der Skalen und senkrechter Stellung der Mikroskope, bei 35- bis 70-facher Vergrößerung. Die Beleuchtung der Mikroskope erfolgt durch eine 0,2 mm dicke, unter 45° gegen die Rohrachse geneigte Glasplatte, die in einem quadratischen Kästchen steckt, das senkrecht zur Achse unter dem Okular in das Rohr eingeschoben werden kann. Das Licht wird zugeführt durch einen Kondensator, der in etwa 1½ m Entfernung von der Wand justierbar befestigt ist und das Bild einer Fokusglühlampe in der Fadenebene des Mikroskops entwirft. Die Lampe kann vom Beobachter ausgeschaltet werden und darf nur während der Beobachtung selbst brennen. Der 4 Meter-Komparator ist ganz ähnlich gebaut, er hat aber noch eine besondere Einrichtung, um Meterstäbe auch unter Vermeidung eines Beobachters auf photographischem Wege miteinander vergleichen zu können. Über nähere Einzelheiten über die Einrichtung der ganzen einzigartigen Anlage gibt der Aufsatz von Dr. *Kösters*: „Der große Komparator der Kaiserlichen Normal-Eichungskommission“ im VIII. Bande der wissenschaftlichen Abhandlungen der K. N. E. K. Auskunft (Berlin, Verlag von Julius Springer, 1912).

Der „große Komparator“ wird hauptsächlich zu den Anschlüssen an das Urmaß und zur Vergleichung feinsten Meterstäbe verwendet. Er gibt für die *Einzelbeobachtung* ohne weiteres eine Genauigkeit von mindestens 0,2 µ. Eine recht große Genauigkeit wird auch auf dem zweiten Transversalkomparator der R. M. G., einem von *Repsold* in Hamburg herrührenden Universalkomparator, erreicht. Während beim großen Komparator die Maßstäbe bewegt werden und die Mikroskope unbeweglich ruhen, sind bei dem *Repsold*-schen Komparator die Mikroskope an einem Schlitten angeordnet, der in einer Führung recht-

winklig zur Längsrichtung der Maßstäbe verschoben werden kann, während die Stäbe in einem festen Troge liegen. Zwei Anschläge begrenzen die Verschiebbarkeit des Schlittens hinten und vorn. Soll bei verschiedenen Temperaturen beobachtet werden, so muß entweder der ganze Raum auf diese Temperatur gebracht werden, oder der Trog wird mit Wasser entsprechender Wärme gefüllt. Damit nicht durch das Wasser hindurch visiert zu werden braucht, wird auf die Strichmarken mit Klebewachs ein Messingtrichterchen gesetzt, das über das Wasser hinausragt. Eine Einrichtung zum Konstanthalten der Temperatur fehlt, in der Regel wird dieser Komparator, früher das Hauptinstrument der R. M. G., nur noch zu Beobachtungen bei Zimmertemperatur benutzt. Außer zur Vergleichung von Strichmaßen kann er aber auch noch zur Untersuchung von Endmaßen verwendet werden. Hierzu lassen sich an dem Mikroskopschlitten zwei bewegliche Kontakte anbringen, die durch Gewichtswirkung gegen die Endflächen der Maße angedrückt werden. Endlich können die Mikroskope auch noch auf dem Schlitten in verschiedene Entfernungen voneinander gebracht werden, so daß auf dem Komparator Maßstäbe jeder Größe miteinander verglichen werden können. Insofern ist er also vielseitiger verwertbar als der große Komparator. Für absolute Ausdehnungsbestimmungen ist er nicht eingerichtet. Eine eingehende Beschreibung des Repsoldschen Komparators befindet sich in Nr. 1 der Wissenschaftlichen Abhandlungen der Normal-Eichungskommission.

Während die Transversalkomparatoren nur zur Bestimmung von Gesamtlängen dienen, können mit den Longitudinalkomparatoren sowohl Gesamtlängen als auch Einteilungen untersucht werden. Bei ihnen ist ein Mikroskop oder ein Mikroskopenpaar auf einer prismatischen oder zylindrischen Führungsschiene frei beweglich angebracht. Die minder feinen Maßstäbe, die auf der Oberfläche und an einer Kante geteilt sind, legt man, nachdem sie auf beweglichen Tischen in der Höhe ausgerichtet sind, so nebeneinander, daß die Teilkanten aneinander ruhen und die Endstriche auf einer Seite genau eine gerade Linie bilden, ein Strich also die Verlängerung des anderen bildet. Dann erscheinen beide Teilungen gleichzeitig in der Bildebene des Mikroskops, und wenn man dieses auf einen beliebigen Strich einstellt, dann ergibt der Unterschied der Ablesungen an der Trommel des Mikroskopmikrometers beim Anvisieren der Normalmarke und der entsprechenden Marke auf dem zu untersuchenden Stabe ohne weiteres den Fehler dieser Marke gegen die Endmarke. Man kann natürlich auch bei der Endmarke erst auf den einen, dann auf den anderen Stab einstellen, wenn man die mühevollen Justierung der Stäbe gegeneinander vermeiden will; das Prüfungsverfahren bleibt das gleiche. In dem beschriebenen Falle kommt man

mit einem Mikroskop aus. Bei feineren Stäben, die in der zerrungsfreien Schicht geteilt sind, die Teilung also nicht an der Kante haben, ist ein Aneinanderschieben der Marken ausgeschlossen. Dann wird ein Mikroskopenpaar benutzt, mit dessen einem Mikroskop das Normal und mit dessen anderem Mikroskop der zu untersuchende Stab eingestellt werden muß, da nicht beide Teilungen im Gesichtsfelde eines Mikroskopes sichtbar gemacht werden können. Wenn aber der Abstand der beiden Mikroskope unveränderlich ist, bleibt das Beobachtungsverfahren ungeändert. Von einfacheren Einrichtungen dieser Art besitzt die R. M. G. zwei, den Doppelmeterkomparator von *Pensky* und den Einmeterkomparator von *Reichel*, beide mit prismatischer Führungsschiene. Als Longitudinalkomparator ersten Ranges dient die „*Repsoldsche* Teilmaschine“, die gleichzeitig zur Herstellung von Teilungen benutzt werden kann. Sie hat zwei Mikroskope. Besonderer Wert ist auf die Bearbeitung der zylindrischen Führungsschiene gelegt, die bei der Verschiebung der Mikroskope weder Durchbiegungen noch nennenswerte Ausbiegungen zeigt, deren Schädlichkeit bei dem geschilderten Beobachtungsverfahren ohne weiteres klar ist. Die Mikroskope können frei bewegt werden, oder sie werden geklemmt, dann ist noch eine Feinverschiebung mit einer Bewegungsschraube möglich. Auch bei der Repsoldschen Teilmaschine, die namentlich eine hervorragend gute Optik besitzt, läßt sich bei einer Einstellung das $0,1 \mu$ unschwer erreichen. Der Doppelmeterkomparator kann auch noch zur Vergleichung von Endmaßen untereinander, der Reichelsche Komparator zur Vergleichung von Endmaßen mit Strichmaßen benutzt werden.

Bei den beiden im Besitze der R. M. G. befindlichen Schraubenkomparatoren kann der im übrigen auf einer Führungsschiene von Hand verschiebbare Schlitten mit den Mikroskopen mit besonderen Klemmbacken in die Gewinde einer Schraube gepreßt werden, wodurch seine Führung dann eine zwangsläufige wird. Die von *Sommer* und *Runge* sehr gut gearbeiteten Schrauben von 0,5 m und 1 m Länge sind sowohl auf fortschreitende wie auf periodische Fehler genau untersucht. Bei Messungen geringerer Genauigkeit, etwa bis 0,01 mm, können sie daher unmittelbar als Meßschrauben Verwendung finden, sie vertreten dann gleichzeitig den Normalmaßstab. So werden sie z. B. bei der Ermittlung der Teilfehler von Aräometern benutzt, sie erlauben hierbei, namentlich wenn ein Beobachter die Einstellung der Teilstriche im Mikroskop, der zweite die Ablesung der mit der Schraube verbundenen Trommel besorgt, ein ungemein rasches Arbeiten. Bei feineren Stäben dient die Schraube nur zur Fortbewegung des Schlittens, während die Maßvergleiche je nach der Art der Stäbe mit ein oder zwei Mikroskopen ausgeführt wird. Auf dem mit besonders guter Optik ausgestatteten, auch sonst vortrefflich gearbei-

teten 1-m-Komparator gewährleistet eine Beobachtung gut 2 bis 3 μ .

Bei den Endmaßkomparatoren wird entweder nach dem Kontakt- oder nach dem optischen Verfahren gearbeitet. Als Muster der Instrumente der ersten Gattung sei der *Bambergische* Komparator erwähnt, der zur Bestimmung der Markscheiderstäbe mit schneidenförmigen Enden von 1 m Länge bestimmt ist. Er besitzt an einem Ende einen festen Kontakt in Gestalt eines abgestumpften Saphirkegels. Am anderen Ende befindet sich ein beweglicher Zylinder mit einem ebenso gestalteten Kontakt, der auf seiner Oberfläche auf einer plattgeschliffenen Stelle eine feine Silberteilung trägt, die mit einem darüber angebrachten Mikroskop abgelesen werden kann. Zunächst wird das Normal, nachdem es in der Längs- und Höhenrichtung mit Exzentern genau ausgerichtet ist, so daß die Schneidenmitte einen wagerechten Durchmesser der den Kegel abschließenden Kreisfläche bildet, mit leichtem Druck gegen den festen Kontakt geschoben. Dann wird der bewegliche Kontakt mit geringer Gewichtswirkung gegen den Stab gedrückt und im Mikroskop mit dem Fadenpaar ein Strich der Silberskala eingestellt. Wird nun das Normal durch den zu prüfenden Stab ersetzt, so erscheint im Mikroskop ein anderer Strich oder derselbe Strich ist verschoben. Der Unterschied in der Ablesung am Mikrometer des Mikroskops ist der Fehler des Prüflings gegen das Normal. Der Bambergische Komparator läßt nur die Prüfung von 1-m-Stäben zu. Beim Penskyschen Doppelmeterkomparator ist der bewegliche Kontakt am Mikroskopschlitten angebracht und kann mit diesem verschoben und in einen beliebigen Abstand zu dem an einem zweiten Schlitten angebrachten festen Kontakte gebracht werden, so daß Stäbe jeder Länge sich untersuchen lassen.

Bei der *Reinecker-Hommelschen* Meßmaschine ist der feste Kontakt ebenfalls verschiebbar, der bewegliche drückt gegen die elastische Wand einer mit Wasser gefüllten Dose, die oben mit einer Öffnung versehen ist, auf welche ein geteiltes Glasrohr aufgekittet ist. Wird durch Verschieben des festen Kontaktes der zwischen den Kontakten liegende Stab sanft gegen den beweglichen Kontakt gedrückt, so steigt die Wassersäule in dem Glasrohr. Aus dem Unterschiede in der Ablesung der Trommel der den festen Kontakt bewegenden Schraube bei zwischen den Kontakten liegendem Normal und Prüfling ergibt sich der Fehler des letzteren gegen das Normal. Beim *Zeißschen* Dickenmesser ist der bewegliche Kontakt senkrecht geführt und drückt nur mit seinem eigenen Gewicht auf den zwischen ihm und einem darunter befindlichen Tischchen gelagerten Endmaß. Es würde zu weit führen, die Einzelheiten aller dieser Instrumente, von denen die R. M. G. je ein Stück besitzt, hier eingehend zu beschreiben. Sie haben alle das eine gemeinsam, daß erst das Normal, dann der Stab

zwischen zwei Kontakte gebracht und aus der veränderten Stellung des beweglichen Kontaktes der Fehler des Prüflings gegen das Normal ermittelt wird. Die Genauigkeit der Ermittlung ist bei den einzelnen Instrumenten verschieden und wechselt zwischen 1 bis 2 Hunderteln des Millimeters und 2 bis 3 μ .

Außerordentlich viel höhere Genauigkeiten, die bis zu wenigen Hundertteilen des Mikrons steigen, erreicht man mit optischen Interferenzmethoden. Es handelt sich hier um ein Forschungsgebiet, das noch stark im Werden begriffen ist. Eine Anzahl von Instrumenten ist durchkonstruiert und in Arbeit gegeben. Die jetzt benutzten Apparate sind nur vorläufige — es soll daher von ihrer Beschreibung abgesehen werden. Erwähnt sei nur, daß sie auf Verwendung von Haidinger Ringen beruhen und ebenso zur Ermittlung der Abmessungen der Meßklötze (sogenannte *Johannson-Maße*), wie der Durchmesser von Kugeln usw. dienen. Übrigens ist auch das bekannte *Abbe-Fizeausche* Dilatometer durch leichte Abänderung in einen Endmaßkomparator umgewandelt. Die angegebenen Genauigkeiten beziehen sich natürlich nur auf Relativmessungen.

Ein Vertikalkomparator von *Repsold* in Hamburg ist noch wenig benutzt, so daß über seine Bewährung und die mit ihm zu erreichenden Genauigkeiten noch nichts sicheres feststeht. Zu diesen Komparatoren kann man auch die beiden Kathetometer von *Bamberg* und von *Sommer* und *Runge* rechnen.

Von den beiden Bandmaßkomparatoren ist der eine historisch dadurch interessant, daß *A. v. Humboldt* mit ihm gearbeitet hat. Er hat zwei Mikroskope in 2 m Entfernung, unter denen das zu prüfende Bandmaß hindurchgeschoben wird. Die Vergleichung erfolgt also mit einem Doppelmeter. Der zweite Apparat ist ein Longitudinalkomparator mit einem Mikroskoppaar, das von *Töpfer* in Potsdam herrührt, während der 40 m lange Tisch von *Ludwig Löwe & Co.* hergestellt ist. Hier können also 40 m lange Bänder unmittelbar miteinander verglichen werden. Das Normalbandmaß wird mit einem 4-m-Stabe bestimmt. Eine genaue Beschreibung des Komparators hat Dr. *Thomas* in Nr. IX der Wissenschaftlichen Abhandlungen der Normal-Eichungskommission geliefert.

Alle feineren Komparatoren stehen auf Pfeilern, die frei durch den Fußboden hindurchgehen und unmittelbar auf den gewachsenen (Sand-) Boden aufgemauert sind. Da der Lastwagenverkehr die Straße nicht berühren darf, so ist hierdurch eine weitgehende Erschütterungsfreiheit erreicht. Die minder feinen Apparate befinden sich auf Konsolen, die mit der Außenmauer fest verankert sind, einzelne sind auch auf festen Tischen untergebracht.

(Schluß folgt.)

Die Zoologie und ihre Leistungen im Kriege 1914/1918.

Zugleich ein Beitrag zur Frage der angewandten Zoologie in Deutschland.

Von Prof. Dr. Albrecht Hase, Jena.

Vorbemerkungen.

Die nachstehenden Ausführungen bringen: erstens mancherlei Tatsachen; zweitens werden darin eine ganze Reihe von Aufgaben und Problemen aus dem Gebiete der Biologie zur Sprache gebracht, die uns teils erst im Kriege erwachsen sind, teils aber auch bereits vor dem Kriege vorhanden waren und nur durch denselben in ihrer Bedeutung in noch viel schärferes Licht gerückt wurden. Es ist meines Erachtens jetzt an der Zeit, Umschau zu halten, um einen orientierenden Standpunkt bei der Fülle der Ereignisse zu gewinnen.

Bei der Knappheit des Raumes kann ich nur auf das Wesentlichste hinweisen. Wer Einzelheiten wissen will, muß die neu erstandene Literatur zur Hand nehmen. Auch diese selbst zitiere ich nicht. In den Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie sowie in den Veröffentlichungen dieser Gesellschaft (Verlag P. Parey, Berlin) sind fast alle einschlägigen Arbeiten direkt oder durch Zitate zu finden. Gelegentliche kleine Wiederholungen bitte ich zu verzeihen; doch da diese Zeilen auch für Nichtzoologen bestimmt sind, so ließen sie sich im Interesse der Deutlichkeit nicht ganz vermeiden.

Im allgemeinen Teil soll dargelegt werden, wie es überhaupt kam, daß Biologen zu Hilfeleistungen im Kriege herangezogen wurden und auf welchen Gebieten ihre Tätigkeit lag. Im besonderen Teil werden die wichtigsten biologischen Probleme, die uns der Krieg brachte, im einzelnen besprochen.

Merkwürdigerweise benötigte man die Mitarbeit von Zoologen besonders auf einem Gebiet, welches bis dahin in Deutschland arg vernachlässigt worden war, es ist das der angewandten Zoologie bzw. Entomologie. Ich berühre damit diese Frage überhaupt, und so haben diese Zeilen zugleich eine gewisse Tendenz, nämlich die, für die Förderung dieses Wissenszweiges einzutreten. Doch davon später!

Allgemeiner Teil.

Am besten ist es für das Verständnis der hier zu erörternden Dinge, wenn wir zunächst chronologisch berichten.

Als im August 1914 der Krieg ausbrach, dachte zunächst kaum ein Zoologe daran, daß auch seine Wissenschaft mit zu Hilfeleistungen herangezogen werden würde, und auch in militärischen Kreisen und im großen Publikum ist der Gedanke — Zoologen werden im Kriege mit tätig sein — wohl nirgends aufgetaucht. „Zoologie“, liebevolles Versenken in die Wissenschaft von der Tierwelt: „zoologischer Garten“, friedliche

Erholungsstunden inmitten fremdartiger Geschöpfe, schien das nicht alles mit einem Male in ganz weite Fernen gerückt, als der Kriegsruf erklang? In der Tat trat auch alles, was nicht direkt mit dem Militär zusammenhing, in den ersten Wochen ganz in den Hintergrund. Aber so blieb es nicht lange. Bereits im Oktober 1914 trat zunächst mehr im Osten, bald auch im Westen eine Plage auf, die rapid um sich griff und zur Abwehr auch die Mithilfe von Biologen nötig machte. Es war die jetzt allbekannte Läuseplage. Das Problem der Läusebekämpfung blieb nicht vereinzelt, da auch anderes Ungeziefer die Aufmerksamkeit der maßgebenden hygienischen Kreise der Heeresleitung erforderte. — Und mit der Länge des Krieges erwachsen neue, z. T. sehr schwierige Aufgaben, bei deren Lösung Zoologen mitwirken mußten. Galt es doch, unsere Nahrungsmittelvorräte und -betriebe vor schädigendem Tierfraß zu schützen, da durch den Aushungerungsplan der Gegner jetzt jeder Zentner Getreide von viel größerer Wichtigkeit war, als vor dem Kriege. Mit anderen Worten, das riesige Problem der Schädlingsbekämpfung mußte in Angriff genommen werden.

Diese beiden großen Probleme: Parasiten- und Ungezieferbekämpfung und Schädlingsbekämpfung, erlangten durch den Krieg eine ungeahnte Bedeutung. Hier eröffneten sich dem Zoologen, besonders dem angewandten Entomologen, weite Arbeitsfelder, hier waren Fragen zu beantworten, auf die nur der Biologe richtige Antworten zu geben in der Lage war.

Aber auch auf anderen biologischen Gebieten wurden Fachleute nötig. So erforderte die wirtschaftliche Nutzung der besetzten Landesteile für die Bearbeitung der Fischerei-Fragen geschulte Fischerei-Biologen, die wieder besonders im Osten, reichlichste Arbeit vorfanden. Nun hatte ja die angewandte Hydrobiologie bei uns in Deutschland in den letzten Friedensjahren einen ganz schönen Aufschwung genommen, man verfügte deshalb über tüchtige Kräfte, welche durch geeignete Maßnahmen den Fischreichtum der Ostgewässer erschlossen und manches Hundert Zentner Fischfleisch in die Feldküchen lieferten.

Schließlich benötigte man Zoologen zu rein zoologischen Aufgaben, und zwar als man daran ging, landeskundliche Aufnahmen in den besetzten Gebieten vorzunehmen, besonders im General-Gouvernement Warschau und im Urwald von Bialowies. An letztgenannter Stätte, die ja faunistisch und floristisch so außerordentlich merkwürdig ist, arbeiteten wiederholt Zoologen, um allgemein-biologische und speziell forstzoologische Studien vorzunehmen. Ich will und muß mich darauf beschränken, nur die Leistungen der Zoologie im Kriege auf dem Gebiete der Ungeziefer- und Schädlingsbekämpfung und die damit zusammenhängenden Fragen weiter auszuführen. Daß ich gerade diese Auswahl treffe, hat seine triftigen Gründe. Erstens haben wir es hier mit

Erscheinungen zu tun, die durch den Krieg unmittelbar ausgelöst wurden; zweitens liegt etwas vor, was für uns bis dahin neu war; drittens werden diese Fragen auch noch nach dem Kriege von größter Bedeutung sein, und viertens kann ich hierbei aus Erfahrungen sprechen. Was die Fischerei-Biologie (also die angewandte Hydrobiologie) leistete, muß ich schon der Feder eines Hydrobiologen überlassen. Die faunistischen Arbeiten, von welchen aber die Rede war, bringen, obwohl durch die Zeitverhältnisse veranlaßt, nichts spezielles in bezug auf die Kriegsverhältnisse.

Mit größter Energie ging die Heeresleitung zunächst an die Bekämpfung der Läuseplage, doch es ist eine solche nur dann durchgreifend möglich, wenn man über das Leben und Treiben der zu bekämpfenden Form eingehend Bescheid weiß. Als man sich deshalb über gewisse Punkte bei der Zoologie Rat holen wollte, da stellte es sich heraus, daß man über das Leben der in Frage kommenden Parasiten recht wenig sagen konnte. Was man wußte, oder zu wissen glaubte, war sehr dürftig, und wie sich bald herausstellte, auch meist unrichtig.

Nun wird mancher Leser fragen, wie ist das bei dem Hochstande unsrer biologischen Wissenschaft denn möglich? Wir hatten doch soviel zoologische Institute und naturkundliche Museen? Ich sage dagegen: weil wir soviel Institute von *einer Arbeitsrichtung* hatten, haben wir uns einseitig zoologisch vor dem Kriege betätigt. Einen Zweig der Zoologie, die angewandte Zoologie, besonders Entomologie, vernachlässigten wir so arg, daß man bei dem plötzlichen Auftauchen der oben kurz angedeuteten Probleme zunächst nicht imstande war, den Anforderungen und Fragen, welche die Hygiene stellte, zu genügen. Einmal war uns die Grundlage jeder Bekämpfung (die biologische Kenntnis) und dann die Technik dieser selbst unbekannt.

Daß es auf dem Gebiete der angewandten Zoologie bei uns in Deutschland recht trüb aussah, war in engerem Fachkreise auch vor dem Kriege kein Geheimnis, und, um einen Wandel zu schaffen, trat ein Jahr vor Kriegsausbruch die „Deutsche Gesellschaft für angewandte Entomologie“ E. V. ins Leben. Wie nötig die Gründung dieser Gesellschaft war, ist durch die zoologischen Erfahrungen, die wir in den Kriegsjahren machten, vollkommen gerechtfertigt worden. Es ist selten, daß bei uns in Deutschland, wo so vielerlei Wissenszweige blühen und entsprechende Forschungsstätten besitzen, die angewandte Zoologie bis jetzt ein kümmerliches Dasein fristete. Die unzweifelhafte Lücke, die hier besteht, ist uns teuer zu stehen gekommen. Was ich auch anderweitig betonte, wiederhole ich hier nochmals: hätten wir das, was wir heute über manche Tierformen (Läuse, Wanzen, Räudemilben usw.) wissen, bereits vor dem Kriege gewußt, es wäre uns manche Million erspart geblieben.

Die Aufgabe der angewandten Zoologie (angewandte Entomologie) ist erstens: alle die Tierformen genauestens zu studieren, welche für den Menschen und seine Wirtschaft schädigend in Betracht kommen, und zweitens: dann darauf fußend rationelle Bekämpfungsmaßnahmen auszuarbeiten, damit wir bei einem plötzlichen Massenauftreten sofort wohlerprobte Mittel und Wege zur Hand haben, dem Übel zu steuern, oder die Massenvermehrung überhaupt zu verhindern. — Nun stelle sich niemand das Studium der Schädlinge und Parasiten, wie es die angewandte Zoologie getrieben wissen will, einfach vor. Im Gegenteil, hier muß den feinsten Wechselbeziehungen nachgegangen werden, hier ist alles wichtig. Die Studien müssen sowohl in die Breite, wie in die Tiefe gehen, Oberflächliches „zu kennen glauben“ ist nicht am Platze. So müssen folgende Kapitel bearbeitet sein, ehe wir von einer umfassenden Kenntnis eines Parasiten z. B. sprechen dürfen:

1. Die systematische Stellung, 2. Die Morphologie, 3. Die Anatomie und Histologie, 4. Die Embryologie, 5. Die Physiologie, 6. Die Biologie und Ökologie, 7. Die Pathologie, 8. Die Phylogenie, 9. Die geographische Verbreitung, 10. Die medizinisch-hygienische Bedeutung, 11. Die Ökonomik (= wirtschaftliche Bedeutung), 12. Das verheerende Auftreten in früheren Zeiten.

Besonders wichtig ist natürlich das Kapitel: Biologie-Ökologie. Hier ist eine Fülle von Fragen zu beantworten, wie z. B. die Frage der Eiproduktion unter verschiedenen Bedingungen; die Eiablage; die Entwicklung der Eier bei verschiedenen Temperaturen; das Verhalten der Larven und Volltiere (Imagines) bei wechselnden Temperaturen, in Trockenheit, in Nässe, gegen die verschiedensten Chemikalien; das Wandern und die Wandergeschwindigkeit; die Nahrungsaufnahme und noch vieles andere.

Nun traten, wie ich bereits ausgeführt, im Laufe des Krieges Parasiten und Schädlinge in ungeahntem Umfange auf. Man mußte Abwehrmaßnahmen ergreifen. Da aber unsere Kenntnisse sehr mangelhaft waren, um nicht zu sagen fehlend, so waren die ersten Bekämpfungsmaßnahmen ein ziemlich hilfloses Herumtasten, welches recht viel Zeit und noch mehr Geld kostete. Wenn jemand in Friedensjahren 10 Millionen für ein Institut für angewandte Zoologie gefordert hätte, er wäre wohl von den allermeisten als Phantast einfach verlacht worden. Selbst die Forderung von nur einer Million hätte man aus kurzichtigem Bürokratismus nicht bewilligt. Wie wenig weitsichtig in dieser Hinsicht man bei uns in Deutschland ist, wurde aufs deutlichste klar, als die Gesellschaft für angewandte Entomologie um staatliche Unterstützungen bat. 300 (Dreihundert) Mark bewilligte ein großer Bundesstaat! Aber nun kommt die Kehrseite! Hätte uns die Abwehr des Ungeziefers im Kriege nur 10 Millionen gekostet, so wäre man heilfroh gewesen, so

billig davongekommen zu sein. Nach sehr vorsichtigen Schätzungen veranschlage ich jetzt die Summe, welche uns die Ungeziefer- und Parasitenbekämpfung und Schädigung durch diese im Heere, in der Heimat und im besetzten Gebiete in den Kriegsjahren gekostet hat, auf mindestens 500 Millionen Mark.

Wir sehen, ein entsprechendes Institut in Friedenszeiten gegründet, hätte sich reichlichst bezahlt gemacht. Wohl hätte man für die Bekämpfung Mittel nötig gehabt, aber wir wären mit wohl-erprobten Methoden an die Vernichtung und Abwehr gegangen und hätten nicht zu einer Zeit zu experimentieren brauchen, als einerseits die Zeit drängte und andererseits Arbeitskräfte und Materialien so entsetzlich teuer waren. Wenn ich also mit diesen Zeilen zugleich Propaganda mache für ein großzügiges Reichsinstitut für angewandte Zoologie, so geschieht es vor allem mit aus rein wirtschaftlichen Gründen¹⁾. Ich weiß, es gibt leider noch viele Fachzoologen, welche angewandte Zoologie nicht als vollgültige Wissenschaft ansehen. Warum? ist nicht einzusehen. Ist ein Tier deshalb biologisch weniger interessant, weil es in Deutschland vorkommt, oder weil es alltäglich ist, oder weil es unsrer Wirtschaft und uns schädlich ist? Der Gegenstand als solcher macht doch die Wissenschaftlichkeit nicht aus, sondern die Art seiner Behandlung. Und ferner: gibts denn nicht genug Institute für angewandte Mathematik, Physik, Chemie? Ist das alles auch keine Wissenschaft?

Kein Vernünftiger wird erwarten, daß die Gesellschaft für angewandte Entomologie in der kurzen Zeit ihres Bestehens die Unsumme von Arbeit leistete, die zu leisten ist. Ich führte ja oben aus, wie vielerlei Vorarbeit bewältigt werden muß, bevor das Ziel selbst, die Bekämpfung, Aussicht auf Erfolg hat. Außerdem kommt hinzu, daß die junge Gesellschaft über recht geringe (meist nur freiwillige) Mittel zunächst verfügt und auch keine eigene Forschungsstätte hat. Aber ein unbestreitbares Verdienst kommt den betreffenden Personen zu, die die Gesellschaft 1913 gründeten: sie erkannten klar Deutschlands Rückständigkeit auf diesem Gebiete, und bahnten einen Weg zur Besserung an. Wie richtig diese Bestrebungen waren, das haben die zoologischen Erfahrungen der 4½ Kriegsjahre eindringlichst gelehrt. Durch den Krieg hat die angewandte Zoologie, besonders die angewandte Entomologie, die vordem noch fast ganz darniederlag, eine plötzliche, gewaltige Förderung erfahren, die hoffentlich nun anhält, auch von seiten der regierenden Kreise. Anerkennung errang sich im Laufe des Krieges die angewandte Zoologie durch ihre Mitarbeit bei der Inangriffnahme der Bewältigung der großen Ungeziefer-

plagen (besonders Läuse- und Wanzenplage), welche die Heeresleitung anbahnte. Wenn es auch im wesentlichen gelungen ist, die Plagen und ihre Begleiterscheinungen (Seuchen) einzudämmen, so ist doch das Idealziel noch nicht erreicht. Und um es zu erreichen, muß noch ein gutes Stück Arbeit geleistet werden: vor allem müssen sich dann, wie es auch bei der Gründung der Gesellschaft für angewandte Entomologie vorgesehen wurde, Zoologen, Hygieniker, Chemiker und Techniker zu gemeinsamem Vorgehen verbinden.

* Soviel über die allgemeinen hier in Betracht kommenden Punkte. In den nachstehenden Zeilen soll nun auf die einzelnen Probleme etwas näher eingegangen werden.

Besonderer Teil.

1. Die Kleiderlausplage und ihre Bekämpfung.

In unglaublich kurzer Zeit hatte sich die Läuseplage im Heere verbreitet. Verschiedene Ursachen brachten dies mit sich. Zunächst das Leben des Frontsoldaten an sich, wie es der moderne Krieg bringt (Tage, ja wochenlange mangelhafte Reinigung, fehlender regelmäßiger Wäschewechsel, engstes Beisammenschlafen); ferner die innige Berührung im Osten mit einer durchgängig verlausten Bevölkerung, dann das Hereinströmen großer Gefangenennmassen, die völlig verlaust waren, in die Lager und der damit verbundene unvermeidliche Kontakt. Aber schließlich nicht zum mindesten der gänzliche Mangel an geeigneten Vernichtungsmitteln.

Tatsache war, man stand bald vor einer Katastrophe, zumal der Zusammenhang zwischen Kleiderlaus und höchst gefährlichen Infektionskrankheiten (dem Fleckfieber [Typhus-exanthematicus] und dem Rückfallfieber [Febris recurrens]) ganz augenscheinlich wurde. Ohne Läuse kein Fleckfieber! Mit der Bekämpfung der Parasiten hatte man also auch die Niederhaltung der Seuche in der Hand. Dem Zoologen kam nun zunächst die Aufgabe zu, das Leben der Laus möglichst eingehend zu studieren, und auf dieser Kenntnis fußend, konnte die Hygiene ihre Maßnahmen dann aufbauen. So schlecht wir an und für sich auf die Kleiderlausplage vorbereitet waren, so schnell wurde mit fortschreitender Kenntnis Wandel geschaffen. Eine ganz stattliche Literatur entstand und die Bekämpfung kam in feste Bahnen.

Zunächst hatte man versucht, durch allerlei sogenannte *Läusemittel* die Plage abzuwehren. Diese Bekämpfungsmethode endete mit einem völligen Mißerfolge. Wohl tauchten in kürzester Zeit eine Unmenge von Läusemitteln im Handel auf (mir sind etwa 200 bekannt), die alle den Zweck haben sollten, durch ihre Geruchswirkung die Läuse zu vertreiben. Man hatte gefolgert: ein Stoff, der uns durch den Geruch lästig ist, wird auch der Laus unangenehm sein, und sie wird die betreffende Person, welche sich damit eingepu-

¹⁾ Weitere Einzelheiten über diese Fragen bei Escherich: Die angewandte Entomologie in den Vereinigten Staaten. Berlin 1913, P. Parey; und ferner: Verhandlungen der Deutsch. Gesellschaft f. angew. Entomologie Bd. 1 u. 2. Berlin, P. Parey.

dert, eingerieben oder eingesprengt hat, verlassen. Irgend welche exakten Versuche lagen der Herstellung dieser Mittel nicht zugrunde. Das gänzlich Verfehlte des obigen Gedankenganges brauche ich an dieser Stelle nicht weiter darzulegen. Mancher Händler hat dasselbe Mittel unter neuem Namen verkauft, weil es unter dem alten nicht mehr zog. Was für sinnloses Zeug produziert und, nota bene! leider massenhaft gekauft worden ist, dafür nur ein krasses Beispiel. Ein Läusemittel, welches als „Insectol“ bezeichnet wird, hat folgende Herstellungsweise nach eigenen Angaben des Erzeugers: „Man nimmt eine von den Läusen und macht homöopathisch die 12. Potenz daraus. Davon ein wenig eingenommen, befreit uns für immer von den Läusen. Zu dem Zweck rührt man 1—3 von ihnen mit 1,0 Milchsucker zusammen und hat die 1. Potenz. Hiervon 0,1 und 1,0 Milchsucker verrührt gibt die 2. Potenz.“ So geht das weiter bis zur 12. Von der 4. an kann die Verschüttelung mit Wasser beginnen. Man kann dann Tropfen herstellen oder auch Streukügelchen. Ich nehme für die kleine Schachtel 50 Pf., ausreichend für 10—20 Mann, fürs Kilo 20 M., ausreichend für ein Regiment, so daß für den Bruchteil eines Pfennigs der Soldat vor dem Ungeziefer geschützt ist. Ich lasse eine Woche hindurch morgens und abends ein Korn (Größe 4) einnehmen, und der Mann ist dann zeitlebens gefeit gegen russische Kleiderläuse. Es ist so gut wie ein Nichts, was er einnimmt, aber die feine Nase der Laus riecht es ihm an und flieht voll Entsetzen darüber. Während des Einnehmens sind Arzeneien und Alkoholika zu vermeiden.“ So geschehen im Jahre 1915! Die Wiedergabe ist wortgetreu. — Ich führe dieses Beispiel an, weil es ein schlagender Beweis dafür ist, wie gänzlich mangelhaft unsere Organisation in dieser Hinsicht war. Die allermeisten der angepriesenen Mittel waren absolut wertlos für den gedachten Zweck und führten außerdem oft Schädigungen der Personen herbei, die sich ihrer bedient hatten. Den Markt von diesen Läusemitteln zu reinigen, kostete vielerlei Mühe, da sie mit entsprechender Reklame in die Welt gesandt wurden. Noch 1915 waren solche Mittel vielfach im Handel, und sie verschwanden erst völlig, als brauchbare Entlausungsmethoden gefunden worden waren. Das Fiasco, welches diese Methode der Bekämpfung machte, war für den Fachmann vorauszusehen, da eben diese Mittel völlig frei „erfunden“ waren, ohne irgend einen tatsächlichen Zusammenhang mit den Lebensbedingungen der Kleiderlaus.

Von maßgebender Seite kam man bald davon ab. Mittlerweile hatten sich unsere Kenntnisse über die Kleiderlaus erweitert. Darauf basierend griff man nun zu physikalischen Bekämpfungsmethoden, und zwar zu der mittels strömend heißen Wasserdampfes und mittels heißer, trockener Luft. Jedes der beiden Verfahren hat Vorzüge und Nachteile, die hier nicht erst erörtert werden sollen. Im allgemeinen ist dem Heißluftverfahren

der Vorzug einzuräumen, da ihm einmal alle Bekleidungsstücke (auch Lederwaren) unterworfen werden können; ferner bedarf es keiner komplizierten Apparate, da die Anwendung der Heißluft mittels des sogenannten „Backofenprinzips“ geschieht. Nachdem nun durch sichere Beobachtungen der direkte Zusammenhang zwischen Verlausung einerseits und Fleck- und Rückfallfieber andererseits klar erkannt war, galt es — zumal da ein spezifisches Heilmittel gegen Fleckfieber noch nicht gefunden, die Gefährlichkeit der Krankheit aber genugsam bekannt ist — vor allem für eine gründliche Entlausung zu sorgen. So sproßten bald tausende von Entlausungs (Sanierungs)anstalten aus der Erde. Ganz große Anstalten, die pro Tag bis zu 10 000 Mann baden und entlausen konnten; mittlere Anstalten bis zu 1000 Mann und kleine Anstalten zu 100 Mann Tagesleistung. Die großen und mittleren Anstalten kombinierten in der Regel die beiden genannten Entlausungsverfahren, alles was mit Heißdampf nicht behandelt werden konnte (Leder, Pelze), wurde der Heißluft, in wenigen Fällen einer Schwefeldioxydbehandlung unterworfen. Die kleinen Anstalten arbeiteten mit dem Heißluftverfahren.

Diese außerordentlichen Anstrengungen hatten Erfolg. Die Verlausung ging zurück bzw. hörte auf. Wo noch Fleckfieberfälle vorkamen, ließ sich fast immer nachweisen, daß die betreffenden Personen sich durch Kontakt mit der Zivilbevölkerung mit Läusen neu infiziert oder sich der Entlausung törichterweise entzogen hatten.

Bald ging man auch daran, eine Entlausung der Zivilbevölkerung im Osten vorzunehmen, stieß aber, wie immer bei Neuerungen, auf heftigen Widerstand, welcher auch schwer zu beseitigen ist. Nachdem wir jetzt über diese Dinge ein gewisses Urteil haben, müssen wir bekennen, daß dieses Problem noch nicht befriedigend gelöst ist, zumal hierbei die Wohnungssanierung mit in Frage kommt, und dies ist eines der schwierigsten Kapitel. Andererseits soll man nicht erwarten, ein so eingefressenes Übel wie die Verlausung könne im Laufe von wenig Jahren restlos beseitigt werden. Hier würde es von größtem Vorteil sein, wenn es uns gelingen sollte, ein wirklich brauchbares prophylaktisches Läusemittel zu finden, da ein solches in der Anwendung eben viel einfacher, und damit im Publikum beliebter ist, als eine Entlausung nach den geschilderten Methoden. Allerdings sind die Aussichten, ein solches chemisches Entlausungsmittel zu finden, welches am Körper anwendbar ist, nach unsern jetzigen Kenntnissen vom Leben der Laus ziemlich gering, da zu vielerlei Anforderungen an ein solches gestellt werden müssen.

Alles in allem läßt sich sagen, mit Hilfe des Heißdampf- und Heißluftverfahrens ist es gelungen, die Verlausung im Heere niederzukämpfen und somit auch das Heimatgebiet vor einer allgemeinen Verseuchung zu schützen.

Nun hat man in letzter Zeit eine neue Entlausungsmethode ausprobt und schon teilweise eingeführt, nämlich die mittels Cyanwasserstoff (Blausäure), welche sich zur Insektenvernichtung überhaupt; auch zur Läusevernichtung eignet, wenn die Anwendung unter gewissen Bedingungen und Vorsichtsmaßregeln vor sich geht. Von biologischer Seite aus lag ja zunächst kein Anlaß vor, die oben skizzierten zwei Verfahren zu verlassen. Es waren andere Gründe maßgebend, einen nur will ich nennen. Die fortgesetzte Behandlung der Bekleidungsstücke brachte eine allmählich sich summierende Schädigung derselben mit sich, die man durch Anwendung des Blausäureverfahrens vermeidet. Aber da es einmal nichts Vollkommenes auf der Erde gibt, so hat auch letztgenannte Methode Nachteile, die vor allem auf der Giftigkeit des Blausäuregases beruhen. Doch mit fortschreitender Technik auf diesem Gebiete (wesentliche Fortschritte haben wir bereits gemacht) ist zu erwarten, daß wir in diesem Verfahren dasjenige der Zukunft zu erblicken haben, zumal es auch zur Wohnungssanierung herangezogen werden kann.

Doch damit nicht genug! Die angewandte Zoologie, einmal zur Mitarbeit aufgerufen, legte nach den erreichten Erfolgen, an dem Hygiene und Zoologie Anteil haben, die Hände nicht müßig in den Schoß; gab es doch noch viele Fragen zu klären. Einmal wurden unsere Kenntnisse vom Leben der Kleiderlaus immer mehr erweitert. Ferner beschäftigt die bereits oben angedeutete Aufgabe der prophylaktischen Abwehr Biologen wie Chemiker, denn das Ideal wäre es, etwas zu finden, welches den Befall durch Läuse absolut sicher ausschließt. Weiterhin ist das Problem der Kopflausbekämpfung noch in Bearbeitung, welches sich außerordentlich schwierig gestaltet, und die Frage der Identität von Kopf- und Kleiderlaus sowie die Beteiligung ersterer an der Fleckfieberverbreitung. Ein abschließendes Urteil über diese Dinge ist heute noch nicht möglich. Hand in Hand mit all den genannten Untersuchungen gingen Arbeiten zahlreicher Forscher, die das Auffinden des Fleckfiebererregers zum Ziele hatten. (Der Erreger des Rückfallfiebers [*Spirochaete Obermeieri*] ist schon längst bekannt und auch in der Laus nachgewiesen worden.) Mancherlei Meinungsverschiedenheiten waren auszugleichen. Das Resultat der Arbeiten ist kurz folgendes: im Darmepithel der Kleiderlaus, die an Fleckfieberkranken gesogen hat, finden sich massenhaft sehr kleine Gebilde, die als *Rickettsia prowazeki* bezeichnet werden, und welche man heute als Erreger des Fleckfiebers anspricht, obwohl sie im Menschen mit voller Sicherheit noch nicht wiedergefunden wurden. Ob die *Rickettsien* zu den Bakterien oder, was wahrscheinlicher, zu den Protozoen zu zählen sind, müssen weitere Untersuchungen klar legen.

2. *Die Wanzenplage und ihre Bekämpfung.* Mit am unangenehmsten neben der Läuseplage

machte sich die Wanzenplage bemerkbar, besonders wieder auf dem östlichen und südöstlichen Kriegsschauplatz. Aber auch bei uns in Deutschland nahm, mit dem Rückgang der hygienischen Zustände überhaupt, die Verwanzung erschreckend zu. Die Bewohnbarkeit mancher Barackenlager und Kasernen z. B. war durch die ungeheure Verwanzung geradezu in Frage gestellt. Nun ist ja die Wanzenplage eine sehr alte, um so beschämender ist es, daß man sich so wenig mit ihr wissenschaftlich beschäftigt hat. Sollte hier Wandel geschafft werden, dann war nötig, von Grund auf zu beginnen. Vor allem galt es die Biologie dieses „Haustieres“ zunächst klarzulegen, und dies um so mehr, zumal die deutsche zoologische Literatur darin eine sehr große Lücke aufwies. Nachdem diese ausgefüllt, konnte an eine erfolgreiche Bekämpfung gegangen werden. Nach den ermittelten Lebensgewohnheiten der Wanze war es von vornherein klar, daß nur mit gasförmigen Mitteln, besonders mit Leichtgasen, wirkliche Erfolge beim Großbetrieb der Entwanzung zu erzielen sind. Es ist ein gewaltiger Unterschied, ob ein altgekauftes Möbelstück oder ob große Wohnungen, Barackenkomplexe und Kasernenanlagen entwanzt werden sollen. Im ersteren Falle kann man sich ja mit Petroleum und ähnlichen Stoffen behelfen, im letzteren ist an eine solche Bekämpfungsmaßnahme (schon der Feuergefahr wegen) nicht zu denken. Anfänglich hatte man sich mit Ausschweifeln der Wohnräume begnügt und auch ganz gute Teilerfolge erzielt; nur waren die Nebenschädigungen durch die Einwirkung des Schwefeldioxydes meist recht beträchtlich, so daß man, bei besseren Wohnungen namentlich, davon absehen mußte. Zudem besitzt dieses Gas nicht genügende Durchdringungskraft, um bis zu den tiefen Schlupfwinkeln der Wanzen und ihrer Brut vordringen zu können. Man griff besagter Übelstände wegen deshalb zur Blausäure, die ja, in Amerika beispielsweise, schon längst beim Kampfe gegen Schadinsekten Verwendung findet. Für uns war dieses Verfahren völlig neu. Es ist, durch die Zeitumstände gezwungen, in den letzten 2 Jahren ausprobt und verschiedenfach verbessert worden. Die Blausäure (Cyanwasserstoff) eignet sich als Leichtgas, und da sie weder Möbel noch Metalle, noch sonst Gegenstände schädigend angreift, ganz hervorragend zur Wanzenbekämpfung im Großbetrieb. Natürlich muß die Anwendung unter gewissen Sicherheitsmaßnahmen vor sich gehen. Auf Grund der bisher erzielten Erfolge und der gemachten Erfahrungen dürfen wir sagen: in der Blausäurebekämpfung haben wir eine Methode, die uns instand setzt, in absehbarer Zeit der Wanzenplage tatsächlich Herr zu werden¹⁾. Der technische Ausschuß für Schädlingsbekämpfung Berlin (es wird von ihm später noch die Rede sein) bedient sich bereits seit län-

¹⁾ Um so wertvoller ist die Aneignung dieses Verfahrens, weil es damit gelingt, gleichzeitig Wohnungen zu entlausen.

gerer Zeit dieses Verfahrens mit bestem Erfolg, um Baracken usw. zu sanieren.

3. *Die Fliegen-, Floh- und Mückenbekämpfung.* Auf diesem Gebiete harren noch große Aufgaben ihrer Bewältigung. Selbstverständlich hat die Sanitätsleitung des Heeres diese Fragen nicht unberücksichtigt gelassen. Wenn aber ein voller Erfolg noch nicht erzielt worden, so hat es andere Ursachen, die ich kurz darlegen werde.

Einmal sind unsere biologischen Kenntnisse von diesen Tierformen recht mangelhaft im großen und ganzen. Was wir über die heimischen Fliegen und Flöhe wissen, genügt eben bei weitem nicht, um darauf durchgreifende Bekämpfungsmaßnahmen aufbauen zu können. Ferner ist die ganze Methodik von Bekämpfungsmaßnahmen überhaupt noch gar nicht richtig entwickelt; wir stecken da noch tief in den Kinderschuhen. Es hat sich das auch im Kriege geltend gemacht, als es galt, dieser Plagen Herr zu werden. In den Schützengräben, in Gefangenenlagern, Lazaretten und Unterständen, aber auch in den Quartieren hinter der Front, ja in ganz Deutschland (im warmen Sommer 1917) war der Aufenthalt durch Fliegen- und Flohbelästigung zeitweilig kein beneidenswerter, ganz abgesehen von der Bedeutung der Fliegen als Ruhr- und Typhusüberträger. Wer es im Osten miterlebt, etwa 50—60 Flöhe zugleich am Leibe zu haben, wird mir Recht geben. Bei diesen Zuständen wurde der Ruf nach Abwehr von allen Seiten laut. Die sonst gebräuchlichen Mittel waren vielfach nicht mehr zu haben und so wurden Vorschläge aller Art gemacht; brauchbare und völlig sinnlose. Eine Einheitlichkeit des Vorgehens fehlte gänzlich. Meist hatten die ergriffenen Maßnahmen keinen oder nur Teilerfolge, da die Quelle des Übels, die Beseitigung der Brutstätten, nicht getroffen wurde. Wenn dabei fortgesetzt Anfragen an die Biologen ergingen, wie man Abhilfe schaffen könnte, und wenn eben immer nur Unzureichendes vorgeschlagen werden konnte, so lag es zunächst nicht an den Zoologen persönlich. Die konnten, soweit sie zur Mitarbeit herangezogen waren, die Fülle der durch den Krieg erwachsenen Aufgaben gar nicht bewältigen, sondern es lag daran, daß ein ganzes Arbeitsgebiet — die angewandte Zoologie — bei uns noch gar nicht entwickelt ist, wie ich schon im allgemeinen Teil auseinander setzte. Weiter ist zu berücksichtigen, selbst die beste Vorarbeit der Biologen ist nutzlos, wenn das große Publikum bei Bekämpfungsmaßnahmen nicht helfend seinen Teil tut, und daran fehlt es bei uns noch sehr. Der Gedanke der Notwendigkeit eines gemeinsamen Vorgehens muß Allgemeingut sein, sonst kann z. B. bei der Fliegenbekämpfung nichts wesentliches erreicht werden. Hunderttausende von Merkblättern sind gedruckt und verteilt worden: „Zur Fliegenplage! Schließt die Abortgruben und Müllkästen, beseitigt Unrat aller Art usw. usw.“ Doch wie wenig hats geholfen!

Auch hier sah sich die Biologie plötzlich vor

Riesenaufgaben gestellt, die in der Kürze der Zeit gar nicht bewältigt werden konnten.

Etwas besser ist die Lage betreffs der Mückenbekämpfung, welche durch den Krieg und seine Begleiterscheinungen sehr in den Vordergrund gerückt ist. Die Sache ist folgende: Eine auffallende Zunahme erfuhren im Laufe des Krieges die Erkrankungen an Malaria bei uns in Deutschland. Kämpften doch einerseits viele Truppen in malariaverseuchten Gegenden und kamen andererseits eine Menge von farbigen Gefangenen ins Land, von denen sicher ein Teil alte Malariaträger waren. Die Gefahr einer Malariainbürgerung ist also jetzt vorhanden, zumal die malariäübertragenden Mücken (Anopheles-Arten), wie neueste Untersuchungen darlegten, viel weiter bei uns verbreitet sind als man früher glaubte. (Anopheles-Arten, 3 kommen in Frage, gibt es wohl fast überall.) Um der Gefahr zu begegnen, muß in erster Linie für die Bekämpfung der Anopheles gesorgt werden, was wiederum nur möglich ist, wenn man ihre Lebensweise genauestens kennt. Hier gab es, und gibt es noch, für den Entomologen genug zu tun. Erfreulicherweise haben sich eine ganze Reihe von Fachleuten dieser Aufgabe mit Erfolg gewidmet, wenn auch an ein Fertigsein noch nicht zu denken ist. Wir dürfen annehmen, daß auf Grund der eingeleiteten Maßnahmen einer Verallgemeinerung der Malaria der Boden entzogen wird.

4. *Die Pferderäude und ihre Bekämpfung.* Von Parasitenplagen hat nächst der Läuseplage die Pferderäude dem Volksvermögen im Kriege die größten Opfer finanzieller Art auferlegt. Tausende wertvoller Pferde fielen ihr zum Opfer; mancher brave Pferdepfleger infizierte sich damit (denn die Räudemilben des Pferdes gehen leichtlich auf den Menschen über) und hat lange darunter zu leiden gehabt. Die Lage war eine ganz analoge wie beim Kleiderlaus-Problem. Plötzlich stand man vor einer Kalamität, der zu begegnen geeignete Mittel und Kräfte nicht gleich zur Verfügung waren. Die Biologie der Räudemilben (2 Arten kommen vornehmlich in Frage) mußte geklärt werden, und dann erst konnte aussichtsreich an der Bekämpfung gearbeitet werden. Anfänglich tastete man auch hier arg herum, eine Reihe von Schmiermitteln kamen als Heilmittel ohne den gewünschten Erfolg zur Verwendung. Schließlich gelang es der Parasiten Herr zu werden mit Hilfe einer eigens ausgeprobten Methode der Gasbehandlung. Die räudekranken Pferde werden in besonders gebaute Gaszellen eingestellt, der Kopf bleibt frei, der Hals wird zweckentsprechend abgedichtet und dann der ganze Körper einer einstündigen Einwirkung von 4—4,5 Vol.-% Schwefeldioxyd bei mindestens etwa +20° ausgesetzt. Die nicht der Gasbehandlung zugängigen Körperteile behandelt man vorsichtig mit Petroleum. Mit Hilfe dieser vorzüglichen Methode gelingt es selbst die schwersten Krankheitsfälle,

die früher hoffnungslos verloren waren, zur Heilung zu bringen.

Als man sich zur Gasbehandlung der Räude entschloß, hatte man zunächst versucht, mittels Blausäure Erfolge zu erzielen. Der Erfolg blieb aus, da zu starke Nebenschädigungen eintraten, und praktisch dieses Verfahren versagte, obwohl dieses Gas, wie Laboratoriumsversuche lehrten, milbentötend wirkt. Es sind die Erfahrungen, welche man in der Räudebehandlung mittels Gasen machte, ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, daß eben bei angewandten entomologischen Fragen das berüchtigte Schema F nicht am Platze ist. Von Fall zu Fall muß sorgfältigst ausprobiert werden, welches Mittel auch praktisch wirklich brauchbar ist. So z. B. leistet die Blausäure in der Räudebekämpfung nichts, in der Wanzenbekämpfung aber hervorragendes; mit dem Schwefeldioxyd ist es gerade umgekehrt.

Neben den Räudemilben (*Sarcoptes* und *Psoptes*) traten zeitweilig Pferdeläuse (*Haematopinus asini*) zahlreich auf, doch sind sie nie zur verheerenden Plage geworden. Ihre Vernichtung gelingt mittels Schwefeldioxydes restlos.

Mit dem geschilderten Bekämpfungsverfahren haben wir ein Mittel an der Hand, die Pferderäude wirksamst zu bekämpfen, die damit ihre verheerende Bedeutung verloren hat.

5. *Über Schädlingsbekämpfung.* Wie eingangs von mir hervorgehoben wurde, galt es unsere Vorräte vor Schädlingsfraß zu bewahren. In erster Linie waren es die Speicherschädlinge, gegen welche etwas getan werden mußte. Es ist durch Inangriffnahme dieses Problems in verhältnismäßig kurzer Zeit (seit etwa 2 Jahren) schon ausgezeichnetes geleistet worden. Namentlich einen Schädling nahm man zunächst aufs Korn, es war die Mehlmotte (*Ephestia kuehniella*), die in Großmühlen ein höchst unliebsamer Gast ist. Schon seit Jahrzehnten! Nach amerikanischem Vorbild ging man mit Cyanwasserstoffdurchgasungen vor, die hier im Prinzip genau so durchgeführt werden wie Wohnungsdurchgasungen gegen Wanzen und Läuse. Natürlich sammelte man auch auf diesem Gebiete mancherlei Erfahrungen, und die Technik des Verfahrens hat sich mehr und mehr vervollkommen, so daß es heute ein leichtes ist, eine Mühle von mehreren tausend Kubikmeter Rauminhalt mit einem Schlage mittels Blausäure zu durchgasen. Die Schwierigkeiten, welche man zu überwinden hatte, war vor allem die Frage der Organisation der Schädlingsbekämpfung, zumal in so äußerst schwierigen Zeiten der Materialversorgung, Chemikalienbeschaffung usw. Doch sind auch diese Hemmnisse überwunden worden, in erster Linie dank der energischen Förderung seitens des bekannten Chemikers Geh.-Rat *Haber* (Berlin). Die Schädigungen der Mühlenbetriebe, die ja im Wirtschaftskriege eine so hervorragende Rolle spielen, durch die Mehlmotten (und auch andere Schädlinge der Getreide- und Mehlvorräte) war in

Fachkreisen der Müller längst bekannt. Ist doch die Mehlmotte schon seit den 60er Jahren bei uns aus Amerika eingeschleppt worden. Um so bezeichnender ist es, daß man die Sache so lang hingehen ließ. Die eiserne Notwendigkeit erst schuf hier Wandel. Jetzt ist, eben durch *Haber*, ein „technischer Ausschuß für Schädlingsbekämpfung“ organisiert worden, der dem preußischen Kriegsministerium angegliedert ist. Um Hilfskräfte ständig zur Verfügung zu haben, und zur Behebung sonstiger Schwierigkeiten, wurde der Ausschuß vorläufig militarisiert. In größtem Maßstabe werden jetzt Mühlendurchgasungen (aber auch Wohnungsdurchgasungen, s. o.) vom technischen Ausschuß mit bestem Erfolge durchgeführt.

Aber es sei gleich bemerkt, wir wollen dabei noch nicht stehen bleiben, nachdem uns die Lösung der Aufgabe der Mühlendurchgasung im Prinzip gelungen ist. Einmal muß an der technischen Vervollkommenung ständig weitergearbeitet werden; ferner stellte sich heraus, daß wir in der Blausäure wohl ein vorzügliches Mittel zur Mehlmottenvernichtung haben, aber nebenher gibt es noch Schädlinge, wie z. B. den Kornkäfer (*Calandra granaria*), die durch dieses Gas bei angewandter Konzentration und Wirkungszeit nicht mit vernichtet werden. Da muß auch wieder erst biologische Vorarbeit einsetzen. Und schließlich ist das Riesenproblem der Schädlingsbekämpfung überhaupt mit der Vernichtung der Mühlenschädlinge noch nicht im entferntesten erledigt. Die Obst- und Weinbauschädlinge, Gemüseschädlinge, Getreideschädlinge, Hackfruchtschädlinge erfordern unsere vollste Aufmerksamkeit.

Aber im Zusammenhang mit dem gestellten Thema „Zoologie und Krieg“ konnte ich die Bekämpfung der Mühlenschädlinge mittels Gasverfahren unmöglich umgehen, da damit die Inangriffnahme des ganzen Problems eröffnet wurde und der Krieg dies direkt bewirkt hat.

6. *Über die Ratten- und Mäuseplage.* Mancher weiß davon aus den Schützengräben und Unterständen ein Lied zu singen. Die ergriffenen Abwehrmaßnahmen konnten bei der Lage der Dinge gar nicht vollen Erfolg haben. Aber ein Gutes hatte doch diese Plage, nämlich: Tausende sahen ein, daß es sich bei der Ratten- und Mäusebekämpfung um ein großes Problem der angewandten Zoologie handelt, welches nicht so einfach zu lösen ist. Wie oft begegnete mir die Klage im Felde: „warum erfinden die Zoologen nichts gegen diese Biester?“ — Die Bekämpfung mittels des Mäusetyphusbazillus hat, soweit meine Erfahrungen reichen, wenig Erfolg gehabt, da eben die Bedingungen, unter denen das Verfahren gelingt, zu selten zutreffen. Kurz, wir müssen noch viel Arbeit leisten, ehe wir uns dieser schädlichen Nager wirksam erwehren können.

Schlußbemerkungen.

Bei der Vielgestaltigkeit des Kriegslebens, bei den mannigfachen ungewohnten Bedingungen,

unter denen Kulturmenschen plötzlich zu leben gezwungen waren, kamen selbstverständlich noch allerlei andere Schädigungen durch Tiere vor, als die soeben geschilderten, und man holte sich gelegentlich Rat bei Zoologen. So z. B. traten im Sommer 1916 im Osten an manchen Stellen Raupenplagen (durch verschiedene Spinner- und Spannerraupen) auf. In Unmassen fanden sich die Tiere in den Schützengräben und erzeugten durch ihre Haare das bekannte Brennen und Jucken im Hals und im Gesicht. Anderorts waren Ameisen unliebsame Gäste. Aber alle diese Fälle blieben lokal beschränkt und haben nie den Charakter einer allgemeinen Plage angenommen. Daß ferner Bandwurm- und Trichineninfektionen, besonders letztere, im Heere auftraten, war bei den Zuständen im Gebiet Ober-Ost nicht verwunderlich. Doch da wir in dieser Hinsicht über ein vorzügliches Abwehrsystem seit Jahren verfügen, so erstickte die drohende Gefahr bereits im Keime. Wo Trichineninfektionen vorkamen, war es eigentlich stets die eigene Schuld der betreffenden Personen, da sie nicht-untersuchtes Fleisch genossen hatten. Über Infektionen mit Räudemilben der Pferde habe ich schon gesprochen; solche mit Krätzmilben blieben natürlich auch nicht aus, zumal bei der immerhin mangelhaften Reinigung im Felde und der starken Verbreitung dieser Parasiten bei der ärmeren Bevölkerung im Osten. Die hier und da entstehenden kleinen Krätzeepidemien konnten aber schnell beseitigt werden, da unsere Medizin mit diesen Dingen ja längst vertraut ist.

Vielerlei Erfahrungen haben wir in den letzten 4 Jahren gemacht, und wie diese Zeilen dargelegt haben, ist auch an einer so friedlichen Wissenschaft, wie die Zoologie, der Krieg nicht spurlos vorübergegangen. Im Gegenteil, die angewandte Zoologie hat durch denselben mit einem Male eine so gewaltige Bedeutung und Förderung erfahren, wie in 4 Friedensjahren kaum zustande gekommen wäre.

Besprechungen.

Ereky, Karl, Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe.
Berlin, Paul Parey, 1919. VII, 84 S. Preis M. 4,— + 20 %.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, dem Leser in gedrängter Form das wissenschaftliche Material für die Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung zu unterbreiten. Das Ziel seiner Bestrebungen ist, einen neuen Wissenszweig zu begründen, den er „Biotechnologie“ nennt und der darauf hinwirken soll, die Produktion dieser wichtigen Nährmittel auf wissenschaftlicher Grundlage zu erhöhen. Zu diesem Zwecke stellte er die chemischen und physiologischen Erfahrungen der Vergangenheit in lesenswerter Weise zusammen; weiterhin unterbreitet er ein statistisches Material, welches dazu geeignet erscheint, ihn bezüglich seiner Bestrebungen hoffnungsvoll zu stimmen.

Nach der Behandlung der in der Biotechnologie vorkommenden Rohstoffe und fertigen Produkte ver-

sucht er die Frage zu beantworten, wie der tierische Organismus das Pflanzenfutter zu Fleisch, Fett und Milch umbaut. Leider ist er gezwungen, hier einzugestehen, daß uns die bisherigen Ergebnisse der Wissenschaft bei der Beantwortung dieser überaus schwierigen Fragen sehr häufig im Stiche lassen, so daß er bei der weiteren Fragestellung: „Wie sollen die landwirtschaftlichen Nutztiere gefüttert werden?“ eigentlich aus dem dargebotenen Material die erwünschten Schlüsse nicht ziehen kann. Die Folge davon ist, daß er in eine ziemlich scharfe Kritik der jetzigen Fütterungslehre eintritt und ihr in bezug auf ihre Ziele Vorwürfe nicht ganz berechtigter Natur macht: Denn die Fütterungslehre ist eine durchaus auf praktische Ziele gerichtete Wissenschaft, über deren theoretische Schwächen sich wohl jeder Tierphysiologe heutzutage klar sein dürfte. Das Ziel dieser praktischen Fütterungslehre ist deshalb auch nicht, die Frage zu beantworten, welche Futterstoffe auf Grund ihrer Zusammensetzung, theoretisch als Futter geeignet und verdaulich sind, sie strebt vielmehr nur dahin, die Frage zu ergründen, wie an sich zur Verfütterung geeignete Substanzen verdaut und zum Ansatz verwendet werden.

Recht interessant ist die Hineinziehung der inneren Sekretion in die Biotechnologie und die Beantwortung der Frage, welche Organe wirken im tierischen Körper auf die Fleisch-, Fett- und Milchproduktion? Eine Bearbeitung dieses wichtigen Gebietes mit praktischen Ausblicken ist bisher vielleicht zu sehr vernachlässigt worden. In dieser Richtung, wie auch in anderen, kann die lesenswerte Schrift vielleicht befruchtend wirken. Sie sei deshalb naturwissenschaftlich gebildeten Landwirten durchaus empfohlen; denen sie besonders gewidmet ist. Sie ist aber auch für Physiologen, Botaniker und Chemiker lesenswert, wenn auch nicht alle Darlegungen kritiklos entgegen genommen werden können, was bei der Neuartigkeit der Bestrebung kaum zu erwarten sein dürfte.

H. Pringsheim, Berlin.

Sitzungsberichte der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften.

Sitzung vom 14. November.

Die zur Erinnerung an den Todestag von *Leibniz* alljährlich abzuhaltende Feier wurde eingeleitet durch eine Ansprache des vorsitzenden Sekretärs, S. Magnifizenz Herrn *Hölder*, die in dessen Abwesenheit von Herrn Sekretär *Sievers* verlesen wurde. Im Anschluß daran sprach letzterer einige Worte des Gedenkens an das jüngst verstorbene Mitglied *Ernst Windisch*, zu dessen Ehrung sich die Anwesenden von ihren Plätzen erhoben. Hierauf wurden die folgenden Nekrologe gesprochen: auf *Karl Rabl* von Herrn *Held*, auf *Rudolf Hirzel* (Jena) von Herrn *Körte*, auf *Erwald Hering* von Herrn *Garten*, auf *Albert Hauck* von Herrn *Seeliger*, auf *Wilhelm Feddersen* von Herrn *v. Öttingen*. Am Schluß der Sitzung ergriff Herr *Kromayer* das Wort zu einem Vortrag über die den Römern von den Galliern unter *Bannus* i. J. 387 v. Chr. an der *Allin* beigebrachte schwere Niederlage, bzw. über die Örtlichkeit, wo diese stattgefunden hat, indem er an der Hand einer in größerem Maßstabe für den Vortrag besonders gezeichneten Karte die Richtigkeit der erhaltenen alten Quellen nachwies und in anschaulicher Weise unter Widerlegung der bisher an der Überlieferung geübten Kritik nicht bloß den Ort der Schlacht (das linke Ufer der *Allin*) genau feststellte, sondern auch den Hergang dieses für die Römer äußerst verhängnisvollen Ereignisses überzeugend darlegte.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 8.

21. Februar 1919.

Sechster Jahrgang.

INHALT:

Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage. Von *Prof. Dr. Othenio Abel*, Wien. S. 113.

Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen. Von *Geh.-Rat Dr. F. Plato*, Berlin. (Schluß.) S. 117.

Besprechungen:

Föppl, A., Vorlesungen über Technische Mechanik. Von *R. Grammel*, Halle. S. 123.

Zuschriften an die Herausgeber:

Eine weitere Erklärung zur Bildung von Haareis auf morschem Holz. Von *W. Emeis*, Flensburg. S. 124.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Die deutsch-polnische Sprachgrenze. S. 124.

Deutsche ornithologische Gesellschaft: Die Vogelwelt in Taurien. S. 125.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Speisung einphasiger Stromverbraucher aus Drehstromnetzen. Die Fabrikation von Papierzeug aus dürrtem Laub. Der schnellste Fixstern. Ein neues Solarkonstanten-Observatorium. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß höherer Temperaturen auf Morphologie und Cytologie der Algen. Narkose und Sauerstoffdruck. S. 126—127.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften. S. 128.



Die bewährte
Drahtlampe

Osram

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenser Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 86.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung:
10 20 30 40 50 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten

Inhaber: Prof. Dr. Hugo Krüss,
Hamburg 11.

Gross-Schmetterlinge der Erde
von Prof. Dr. Ad. Seitz.

Die Palaearkten sind vollständig.



Bd. I Tagfalter kostet gebunden 70 M.

„ II Spinner u. Schwärm. „ 55 „

„ III Eulen „ 65 „

„ IV Spanner „ 50 „

Zur Erleichterung der Anschaffung liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an

HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Siemens & Halske A.-G.

Wernerwerk Siemensstadt bei Berlin



Röntgeneinrichtung mit
Glühkathoden-Röhre für Diagnostik

Glühkathoden-Röntgenröhre

der Siemens & Halske A.-G.

Strahlenhärte u. Röhrenstrom
gleichzeitig und unabhängig
voneinander regulierbar. Die
Röhren sind konstant bei jeder
Härte und jeder Belastung.
(Vgl. Berl. Klin. Wochenschr.
1916, Nr. 12 und 13)

Vorführungen in unserm Ausstellungsraum
BERLIN NW, Luisenstrasse 58-59

Langenbeck-Virchow-Haus

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

21. Februar 1919.

Heft 8.

Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage.

Von Dr. Othenio Abel,

o. ö. Professor der Paläobiologie an der Wiener Universität

Die oft eigenartig gestalteten Reste fossiler Lebewesen, die entweder durch Rutschungen lockerer, fossilführender Gesteine wie Sand, Lehm, Löß und Schotter, oder durch künstliche Erdbewegungen wie Brunnengrabungen, Straßenbauten, Kellergrabungen, Steinbruchsbetriebe und den Bergbau ans Tageslicht gelangen, sind auch unseren Voreltern nicht entgangen. Wenn aber auch heute die Mehrzahl der Bevölkerung nicht mehr in dem dumpfen Aberglauben früherer Jahrhunderte befangen ist und die Reste fossiler Tiere nicht mehr mit übernatürlichen Kräften, mit Hexen, Drachen, Lindwürmern usw. in Beziehungen bringt, so hat sich doch noch da und dort mancher Aberglauben aus alter Zeit bis in die im allgemeinen kritischer veranlagte Gegenwart gerettet.

Ein einfacher Gebirgsbauer oder Steinbrucharbeiter weiß auch heute wenig mit den sonderbaren Dingen anzufangen, die ihm im Gestein der Felswände, im Geröll der Bäche, am Ufer der Seen, im Lehm der Höhlen und in den Gesteinsaufschlüssen der Ziegeleien, Sandgruben, Steinbrüche und Wegbauten entgegentreten. So kennt der Oberösterreicher im Dachsteingebiete sehr gut die bei der Verwitterung scharf hervortretenden Durchschnitte der großen Dachsteinkalkbivalve (*Megalodus*) und nennt sie „*Kuhtritte*“; der ungarische Bauer, der am Ufer des Plattensees die aus den Tertiärbildungen der Halbinsel Tihany ausgewitterten und im Seegechiebe häufig vorkommenden Schalen der fossilen Muschelart *Congeria ungula caprae* findet, bezeichnet sie als „*Ziegenklauen*“, wie dies auch in der wissenschaftlichen Benennung festgehalten wurde. Diese Klauen sollen nach der Volkssage von einer im See ertrunkenen Ziegenherde stammen; sie gehörte einem Geizhalse, der dem durch materielle Not bedrängten König Andreas I. (1046—1058) keine Aushilfe gewähren wollte und dafür vom Himmel mit der Vernichtung seiner Herden gestraft wurde.

In Oberösterreich glauben die Bergbauern der Gegenden von Hinterstoder und Windischgarsten noch heute, daß die weißen, spiraligen Querschnitte durch die Gehäuse der als *Actaeonella* bekannten Schneckengattung in den grauen Kalen der Gosauformation Zaubersymbolen vorstellen. Diese „*Wirfelstoaner*“ (Wirbelsteine), wie sie der

Bauer nennt, sollen ein Zaubermittel gegen den „*Wirfel*“ oder Wirbel (die Drehkrankheit des Viehs) sein, und deshalb legen die Landleute Rollstücke dieser *Actaeonellenkalke*, die sie in den Bächen finden, in den Brunnentrog, aus dem sie ihr Vieh tranken. Noch immer ist im Lößgebiete des Marchfeldes in Niederösterreich die Einhorn-sage lebendig und der Bauer nennt heute noch die im Löß häufig vorkommenden einzelnen Stoßzähne des Mammuts (*Elephas primigenius*) das „*Horn von an Oang'hörn*“ (das Horn eines Einhornes). Auch in andern Teilen des von Deutschen bewohnten Gebietes sind noch Reste alten Aberglaubens und alter Sagen mit Fossilfunden verknüpft, wie in Schwaben, wo in der Gegend von Bolheim in Bayern Stielglieder der fossilen Seeliliengattung *Millericrinus* als Amulette gegen „Leibesschaden“ allgemein getragen werden; noch immer ist in Schwaben die Vorstellung im Volke lebendig, daß die „*Donnerkeile*“, wie die Belemnitenrosten dort genannt werden, vom Himmel gefallen seien, und so ließen sich noch verschiedene Beispiele dafür erbringen, daß in unserem Volke die Überreste fossiler Tiere noch immer eine Rolle in der Sage und im Aberglauben spielen.

Dagegen trieb in einer Zeit, da auch die Gelehrten tief im Wuste abergläubischer Vorstellungen von der Natur befangen waren, die phantastische Deutung fossiler Überreste ihre üppigsten Blüten. Nicht nur die breiten Schichten der Bevölkerung, sondern auch die Gelehrtenwelt erblickte in den Resten vorzeitlicher Tiere Bestätigungen und Beweise für das Vorkommen von Riesen, Drachen, Lindwürmern, Einhörnern und anderen sagenhaften Tieren; die Heilkünstler vergangener Zeiten, die Quacksalber, Wunderdoktoren und Bauernärzte hielten die Versteinerungen als wundertätige Zaubermittel, Heilmittel und Amulette gegen die verschiedensten Krankheiten und Gefahren in hoher Verehrung; im Volke gaben sie Veranlassung zur Umgestaltung alter oder zur Entstehung neuer Sagen.

Viele aus dem klassischen Altertum stammende Vorstellungen von Fabeltieren erhielten durch Fossilfunde, die weder der Gelehrte noch der Ungelehrte anders zu deuten wußte, immer neue Nahrung und wurden von den Scholasten als Beweise von hervorragender Bedeutung für die Richtigkeit der überlieferten Fabeln von Drachen, fliegenden Schlangen, Riesen und Einhörnern betrachtet, während das Volk auf seine Weise zu diesen Funden Stellung nahm.

Ist es auch in vielen Fällen heute nicht mehr

möglich, aus den vielfach umgeformten Sagen den Kern von der späteren Ausschmückung zu trennen, so hat doch die kritische Forschung auf manche Fragen dieser Art ein unerwartetes Licht geworfen.

Daß schon in sehr früher Zeit die Funde fossiler Konchylien beachtet und von den Gehäusen lebender Formen unterschieden wurden, geht aus verschiedenen Schmuckstücken hervor, die aus paläolithischer Zeit bekannt sind. Im Löß des Hundssteiges bei Krems in Niederösterreich, wo der paläolithische Mensch Fallgrubenfang auf die großen eiszeitlichen Tiere, vor allem auf das Mammut, betrieb, sind zahlreiche durchbohrte Schneckengehäuse gefunden worden, die aus dem Tertiär des Wiener Beckens und Ungarns stammen und in der Nähe von Krems nicht gefunden worden sein können. Der Mammutjäger von Krems, der in der Aurignacienzeit lebte, wie der Charakter seiner Feuersteinwerkzeuge und Steinwaffen beweist, hat also bereits diesen fossilen Funden seine Beachtung geschenkt. Aus späterer Zeit, der sogenannten La-Tène-Zeit, ist sogar eine ganze, 58 verschiedene Tertiärkonchylien umfassende Sammlung bekannt, die als Grabbeigabe bei Bernburg in Thüringen in einer Aschenurne entdeckt wurde; jede der 58 Arten, die aus dem oligozänen Septarienton der dortigen Gegend stammen, ist durch ein bis zwei Exemplare vertreten und außerdem sind auch noch zwei rezente Mittelmeerschnecken der Sammlung beigelegt. Auch aus Belgien sind Halsketten aus prähistorischer Zeit bekannt, die aus den Steinkernen von Turritellen bestehen, die durch ihre Spiraldrehung besonders aufgefallen sein dürften. Ob die Mammutjäger von Krems mit den als Halsschmuck verwendeten Tertiärschnecken den Glauben an besondere Heilkräfte o. dergl. verbanden, entzieht sich unserer Beurteilung, aber es ist gewiß auffallend, daß sie diesen auch zur Zeit ihres Fundes durch den Eiszeitmenschen gewiß schon farblosen, kreibigen und unscheinbaren Gehäusen einen höheren Wert als den farbenbunteren Schneckengehäusen beilegte, die sie in der Umgebung ihres Wohnortes sammeln konnten.

Treten uns auch die ersten Berichte über die Heilkräfte der Versteinerungen in den Folianten der Phantastenzeit der Naturwissenschaft entgegen, so ist es doch sehr wahrscheinlich, daß der Glaube an die in den fossilen Resten schlummernden Zauberkkräfte aus sehr früher Zeit stammt und nicht nur tief in das Mittelalter, sondern vielleicht noch weiter zurückreicht.

Soweit aus diesen Schriften zu ersehen ist, scheint der Glaube an die Heilkraft der *Belemniten* besonders weit verbreitet gewesen zu sein und er ist auch heute in Schwaben noch nicht ganz erloschen. Schon *Plinius* beschreibt *Idaei dactyli* (Finger vom Berge Ida) und es ist wahrscheinlich, daß es sich in ihnen um *Belemniten* handelt; der Schwabe nennt sie *Teufelsfinger*,

Katzensteine, *Donnerkeile* oder *Schoßsteine*, auch *Albschoß*. Nach der Meinung unserer Vorfahren sollten diese Gebilde, die sie aus der lebenden Umwelt nicht kannten, entweder vom Himmel gefallen oder von Hexen geschleudert (geschossen) worden sein, womit die Bezeichnung „*Albschoß*“ (dän. = *elleskudt*, d. i. „von den Elfen mit Krankheit geschlagen“, angelsächs. = *ylfa gesceot*, engl. dialekt. = *awfshots*, norweg. dial. = *alvskoten*) zusammenhängt, worauf mich Kollege R. Much freundlichst aufmerksam macht und womit auch die Bezeichnung *alfpil*, *alfschot* (mnd.) zusammenhängt, die eine Augenkrankheit bezeichnet. *Quenstedt* führt noch 1856 an, daß den Belemniten in Schwaben eine besondere Heilkraft gegen Augenleiden zugeschrieben wird und bringt diese Vorstellung von der Heilkraft mit dem eigentümlichen Geruche nach Öl und Ammoniak in Verbindung, der beim Reiben eines Belemniten entsteht. Dieser Geruch dürfte wohl auch die Veranlassung zur Entstehung des Glaubens gewesen sein, daß die durch ihre hellgelbe oder goldbraune, durchscheinende Farbe gekennzeichneten Belemniten der norddeutschen und niederländischen Kreide als versteinerte Luchsurin („*Lyncurium*“) gedeutet wurden; den die Tiere angeblich aus Neid vor den Menschen verstecken und in die Erde verscharren. Eine ganz besondere Kraft soll jedoch den Belemniten gegen den „*Albdruck*“ (nicht *Alpdrücken*) oder „*Nachtschrecken*“ eigen gewesen sein; dies hängt wohl mit der Vorstellung zusammen, daß die vom Himmel gefallen oder geschleuderten Belemniten oder „*Donnerkeile*“ die den Menschen von bösen Geistern (Alben) und Hexen zugefügten Krankheiten besser zu heilen vermögen als heilsame Kräuter und andere natürliche Heilmittel. Aber nicht nur gegen die genannten Übel sollten die Belemniten eine wirksame Arznei sein; sie wurden auch gegen Gelbsucht, Wechselfieber, Seitenstechen, Verstopfung, vor allem aber gegen Harn- und Blasenleiden angewendet. Noch 1705 führt *M. B. Valentini* in seiner „Natur- und Materialienkammer“ (2 Bände, 1704–1712) diese verschiedenen Heilwirkungen der Belemniten an. *P. Pomel* gibt in seiner „*Histoire générale des Drogues*“ (Paris 1694, pag. 107) die genaue Therapie der Belemniten an, die ebenso wie die „*Judensteine*“ mit Schwefel gebrannt und mit destilliertem Weinessig vermischt werden müssen, um eine erfolgreiche Wirkung zu erzielen. Sie wirken nach *Pomel* besonders gegen Steinleiden.

Die *Ammoniten* sind wohl schon frühzeitig durch ihre regelmäßige Spiralform und die bei vielen Formen stark in Erscheinung tretende Skulptur aufgefallen. Indessen ist keine Beziehung zwischen *Ammoniten* und den Hörnern des Jupiter Ammon nachzuweisen, wie *M. Blanckenhorn* (Naturw. Wochenschrift, XVI, 1901) darlegte; das Urbild der Hörner des römischen Jupiter Ammon, der sie vom altägyptischen Gotte Amon von Theben übernommen hatte, dürfte

wahrscheinlich in Steinkernen fossiler Gastropoden, aber weder in Widderhörnern, noch in den heute als Ammoniten bekannten Gehäusen fossiler Cephalopoden zu suchen sein. Das von *Plinius* erwähnte *Ammonshorn* („*Ammonis cornu*“), das er als goldfarbigen Edelstein beschreibt, scheint jedoch ein in Schwefelkies verwandelter Steinkern eines Ammoniten zu sein; diese „Edelsteine“ sollen infolge Erregung weißsagerischer Träume bei den Äthiopiern hoch in Ehren gehalten worden sein. Dies mag auch für andere Gegenden, wo Ammoniten häufig und in guter Erhaltung vorkommen, gegolten haben; aber die prächtigen, noch mit Perlmutterfarben erhaltenen Ammonitengehäuse, die in den Schichten der Wolgastufe (Oberjura — Unterkreide) am rechtsseitigen Steilufer der Wolga zu häufigen Funden gehören, werden heute nur mehr von spielenden Kindern als „Goldräder“ in die Fluten der Wolga hinabgerollt, ohne daß sie sich im russischen Volksglauben einer besonderen Verehrung zu erfreuen hätten. Dagegen hält man die Ammoniten in Ostindien seit uralten Zeiten in hohen Ehren und nennt sie „*Salagrama*“ oder „*Götterräder*“ („*Chakras des Vishnu*“). Schon die älteren Missionäre berichten davon, daß die Gläubigen die Ammoniten (es handelt sich um Funde aus den Spätschichten der oberen Jurazeit und der unteren Kreidezeit) bergan bis auf die Paßhöhen tragen und dort zu Steinhügeln anhäufen. Den Berichten von *Pater Calmette* folgen die Angaben von *Sonnerat* (1782), *J. S. Schröter* (1784), *Ayen Akbery* (1784), *J. F. Blumenbach* (1803), *C. Ritter* (1834) u. a. *Blumenbach* hat einen derartigen Ammoniten als „*Ammonites sacer*“ beschrieben.

In Deutschland nannte man die Ammoniten „*Zieherhörner*“ oder „*Scherhörner*“, in Sachsen „*Drachensteine*“. *Reiskius* behauptet, daß die Ammoniten eine „sonderbare Kraft“ bei Hexerei haben, „insonderheit wenn die Kühe von Hexen durch Satans Betrug ausgemolken werden“; daher wird zum Schutze gegen derartige Feindseligkeiten böser Geister ein Ammonit in den Melkeimer gelegt.

Die schon durch ihre regelmäßige Zeichnung und Form auffallenden *Seeigel* sowie die *Seelilienstielglieder* usf., kurz, alle fossilen *Echinodermen* oder Stachelhäuter spielten als Heilmittel in der Medizin des Mittelalters eine sehr große Rolle; in Bolheim in Schwaben werden Stielglieder der Seeliliengattung *Millericrinus* noch heute als Amulette getragen, während in der schwäbischen Alb die fossilen Seeigel nur mehr als Wirteln der Flachsspindeln verwendet werden.

Über die Herkunft dieser auch dem einfachen Manne auffallenden Gebilde waren die Gelehrten verschiedener Meinung. *G. Agricola* (1494—1555) und *C. Gesner* (1516—1565) waren der Ansicht, daß die fossilen Seeigel, die meist als „*Ombria*“ oder „*Gewittersteine*“ bezeichnet wurden, vom

Blitz herabgeworfen würden; andere glaubten, daß sie aus dem Speichel von Schlangen und Kröten entstanden seien, weshalb sie auch „*Schlangeneyer*“ und „*Krötensteine*“ genannt wurden. Die Stielglieder der Seelilien hießen „*Trochiten*“ oder „*Spangensteine*“ nach der Ähnlichkeit mit Rädern und Schuhspangen. Der Oxford Philologe *Shaw* erwähnt 1765 versteinerte Seeigel aus dem Königreiche Barka in Nordafrika und gibt an, daß sie als versteinerte Brotlaibe ausgegeben wurden. Araber erzählten Dr. *Otto Antonius* im Sommer 1918 in Palästina, daß Christus beim Berge Karmel über Land gegangen sei und dürstend einen Arbeiter um eine Melone gebeten habe. Als sie ihm verweigert wurde, verfluchte Christus das Melonenfeld und alle Früchte wurden zu Steinen. Auch hier handelt es sich um fossile Seeigel, die in ihrer Gesamtform eine gewisse Ähnlichkeit mit Melonen aufweisen. Die merkwürdig geformten, einer Eichel oder Olivenfrucht ähnlichen Stacheln eines fossilen *Cidariten* aus der Oberkreide Palästinas (*Cidaritis glandaria*) spielten als „*Lapides Judaici*“ oder „*Judensteine*“ im Mittelalter eine große Rolle und noch heute werden dem Reisenden von Beduinen solche Stacheln zum Kaufe angeboten. Schon *Valentini* führt jedoch (1704) an, daß sie auch in Deutschland zu finden seien; *Samuel Dale* ist der erste, der in den Judensteinen Stacheln eines Seeigels erkannte. Neben den Judensteinen aus Palästina erfreuten sich ähnlich geformte Stacheln eines Seeigels aus dem Kreide-Grünsand von Essen (*Cidaritis globiceps*) einer besonderen Wertschätzung.

Die Heilkräfte, die man den fossilen Stachelhäuterresten zuschrieb, sollen sehr verschiedenartig gewesen sein. Die abenteuerlichen Vorstellungen des *Plinius* wurden von der Scholastenzzeit des Mittelalters nicht nur übernommen, sondern weiter ausgebaut. Die Judensteine sollten treffliche Heilmittel gegen Nieren- und Blasenleiden sein; die Seeigel wirkten erfolgreich zum Schutze gegen „pestilenzische Luft“ und Gift; auch als Amulett im Kampf sollen sie sich bewährt haben, weshalb sie in Degenknöpfe eingefaßt wurden. Wer einen Seeigel bei sich trägt, schläft ein. In Dänemark galten die Seeigel (wahrscheinlich handelt es sich um solche aus der Schreibkreide) als gutes Mittel gegen Zauberei und wurden ebenso wie anderwärts die Ammoniten als Schutz gegen Hexen in die Milcheimer und Melkammern gelegt.

Die Seelilienstielglieder, die als „*Bonifaziuspfennige*“, „*Trochiten*“, „*Spangensteine*“, „*Asteros sphragis*“, „*Asterias Gesneri*“, „*Lapis crucis*“, „*Oculum beli*“, „*Oculum mundi*“ und „*Asteria gemma*“ bezeichnet wurden, sollten die Lebensgeister erhalten, das Ingenium und die Tapferkeit erhöhen, die „Melancholy“ vertreiben, gegen Gift und Biß, Epilepsie und Nasenbluten, Gliederzittern und Lendenweh, Schwindel und Lungenleiden heilkräftig sein und die Nachgeburt för-

dern. Sie scheinen also eine Art Universalheilmittel unserer Vorfahren gewesen zu sein, ähnlich wie noch heute die fossilen Säugetierknochen in China. Wie weit man noch am Beginne des 18. Jahrhunderts von der Erkenntnis der Natur und Herkunft der fossilen Crinoideen entfernt war, zeigt die Deutung *Valentini* (1704), der sie als eine bloße kristallinische Abart des Antimonits (Spießglanzes) ansieht und somit ihre organische Natur durchaus in Abrede stellt. *Valentini* scheint verkieste Exemplare aus dem süddeutschen Lias hierbei im Auge gehabt zu haben.

Die fossilen *Sternkorallen*, als „*Astrolithen*“ oder „*Sternsteine*“ bekannt, sollten aus dem Kopfe von Drachen stammen und hießen daher „*Drachensteine*“ oder „*Dracontia*“. Ihre verborgenen Kräfte wären angeblich sehr bedeutend. In 4 Gran eingegeben, sollten sie die Pest kurieren und Würmer abtreiben; in der Tasche getragen, sollen sie vor Spulwürmern schützen; in gepulvertem Zustande „reinigen“ sie Lunge und Leber und das „Geblüt“; in einem Zimmer aufgehängt, vertreibt ein *Astrolith* Spinnen und „andere“ giftige Tiere. Vor allem aber sollten sie eine siegbringende Kraft in sich tragen; dem, der einen Sternstein in der Tasche trägt, soll der Sieg sicher sein. Aber schon *Valentini*, der sonst den ganzen abergläubischen Wust früherer Jahrhunderte kritiklos zu übernehmen pflegt, bemerkt hierzu sarkastisch, daß es dann wohl vorteilhaft wäre, die Armeen damit auszurüsten und somit die Soldaten zu sparen, falls der Strahlstein in Wahrheit ein Siegbringer sei.

Immer wieder begegnen wir in den verschiedenen Berichten und Darstellungen über fossile Reste in den Schriften der Phantastenzeit der noch aus dem Altertume stammenden Vorstellung, daß die so seltsam geformten Gebilde, die seither als Reste vorzeitlicher Tiere erkannt worden sind, vom Himmel herabgefallen seien oder herabgeworfen wurden. Dies kommt in der Benennung „*Brontia*“, „*Ombria*“, „*Gewittersteine*“ (z. B. bei C. Gesner), „*Ceraunia*“, „*Blitzsteine*“, „*Strahlsteine*“ zum Ausdruck, ebenso wie in der Benennung „*Donnerkeile*“, die sich bis heute in Schwaben erhalten hat. Auch prähistorische Steinäxte sind vielfach als „*Donneräxte*“ bezeichnet worden, und *Valentini* führt die bemerkenswerte Mitteilung an, daß in Schottland „*Hexenpfeile*“ („*Elf-Arrow-Heads*“) gefunden werden, die nach Abbildung und Beschreibung kaum etwas anderes als neolithische Feuersteinpfeile sein können.

Wie lange es dauerte, bis die wirkliche Natur der fossilen Crinoidenstielglieder erkannt wurde, mag aus dem „*Systema Naturae*“ *Linnés* hervorgehen, in dem sie unter dem Sammelnamen „*Helmintholithus*, petrificatum Vermis“ zusammengefaßt und somit als versteinerte Würmer gedeutet erscheinen.

Weit geringere Berühmtheit als die Belem-

niten und Echinodermenreste hatten die fossilen *Bivalven*.

Ein geschätztes Heilmittel war der als „*Hysterolithus albicans*“ bekannte Steinkern einer fossilen Muschel, der gegen verschiedene Frauenkrankheiten angewendet wurde, daneben aber auch als Amulett gegen Hexerei galt.

Die „*Nummuliten*“ oder „*Münzensteine*“ fanden gleichfalls schon im Altertum Beachtung, doch legte man ihnen keine besonderen Heilkräfte bei. *Strabo* beschreibt sie von den Pyramiden bei Gizeh und meint, daß es die zu Stein gewordenen Linsen seien, welche die beim Pyramidenbaue beschäftigten Arbeiter übrig gelassen hätten; auch *Herodot* erwähnt sie vom selben Fundorte. Beide haben übersehen, daß die *Nummuliten* im Pyramidenbaustein selbst stecken. Auch die Sphinx von Gizeh ist aus einem „*Zeugenberg*“ von *Nummulitenkalk* herausgehauen worden; die Sphinx wird übrigens weder von *Herodot* noch von anderen griechischen Schriftstellern erwähnt und war vielleicht zu dieser Zeit unter dem Wüstensand begraben. Erst unter den Ptolemäern wird von einer Ausbesserung der Felsstatue berichtet.

Gesner (1516—1565) verglich die *Nummuliten* mit *Ammoniten*, *Ulysses Aldrovandi* (1648) und *Athanasius Kircher* (1664) sahen in ihnen entsprechend der vorherrschenden Auffassung dieser Zeit von der Natur und Herkunft der Versteinerungen „*Lusus naturae*“ oder „*Naturspiele*“, aber keine Reste von wirklichen Lebewesen. Eine bunte Reihe von Namen ist für diese fossilen Foraminiferen aufgestellt worden, wie *Kümmelsteine*, *Münzensteine*, *Nummi lapidei*, *Nummuliten*, *Lapides frumentarii*, *Linsensteine*, *Lenticuliten*, *Pisolithen*, *Pisa et lentis lapidae*, *Phaciten*, *Discoliten*, *Helmintholithen*, *Heliciten* usw. Die *Nummuliten* Palästinas erscheinen unter dem Namen „*Pisa bethlehemitica*“ unter der Bemerkung bei *Valentini* (1704), es seien „rechte Erbsen, so verflucht zu Stein werden müssen“. Derselbe Verfasser verwechselt übrigens den Karlsbader Rogenstein oder Erbsenstein mit *Nummulitenkalk*.

Bei *Csucs* im ungarischen Komitate *Szilágy* nennt das Volk die *Nummuliten* „*Sanct-Ladislaus-Pfennige*“ und bringt sie mit den Schlachten, die der heilige *Ladislaus* den Tataren gegen Ende des 11. Jahrhunderts lieferte, in Verbindung.

Auch die Reste fossiler *Wirbeltiere* standen wegen ihrer Heilkräfte, namentlich gegen Biß und Stich giftiger Tiere, im Mittelalter und bis in das 18. Jahrhundert in hohen Ehren. Daß dies in verhältnismäßig noch so später Zeit der Fall war, erhellt aus einer Bemerkung in der „*Protogaea*“ von G. W. *Leibniz* (1749), in der der berühmte Philosoph berichtet, daß sowohl *Haisfischzähne* („*Glossopetren*“) als auch Knochen und Zähne aus Höhlen usw. als Heilmittel „*totaque Germania expetiti in Medicinam*“ (p. 50). Die Knochen und Zähne aus der Scharzfelder

Höhle in Thüringen „tota Germania in usum medicum circumferuntur“ (p. 66).

Unter den „heilkraftigen“ Resten fossiler Wirbeltiere sind zunächst die „*Batrachiten*“ oder „*Lapides bufonini*“ zu nennen, die, wie aus ihren Abbildungen in den Folianten alter Zeit hervorgeht, zweifellos mit den halbkugeligen Pflasterzähnen von *Lepidotus maximus*, einem Schmelzschuppenfisch aus dem oberen Jura Deutschlands, identisch sind. Obwohl der Engländer *Merret* behauptete, daß die *Krötensteine* (*Batrachiten* oder *Bufoniten*) nichts anderes als Zähne eines Fisches seien, so hielten doch noch die späteren Gelehrten daran fest, daß sie aus Krötenspeichel entstehen. Sie galten als wirksam gegen Wespen- und Bienenstich, als Mittel gegen Wassersucht, ja es wurde behauptet, daß der Stein „zugleich schwitzen und weinen mache“.

Die „*Glossopetren*“ oder „*Zungensteine*“ des *Plinius* sind nichts anderes als fossile Hai-
fischzähne. Bis zur Zeit *Knorrs* und *Walchs* („Sammlung der Merkwürdigkeiten der Natur und Altertümer des Erdbodens“, 1755—1775) gingen Hai-
fischzähne unter der Bezeichnung Zungensteine, Natternzungen, Vogelzungen, Schwalbenzungen, Lamiodonten usw. durch die Literatur und noch *Leibniz* beschreibt solche Reste unter dem von *Plinius* erwähnten Namen „*Glossopetren*“. Aber schon *Andrea Cesalpini* (1519—1603), *Fabio Colonna* (in den „*Osservazioni sugli animali aquatici e terrestri*“ 1616) und *Nikolaus Steno* (1638 bis 1687) hatten gezeigt, daß die *Glossopetren* Hai-
fischzähne seien. Trotzdem erhielt sich noch lange Zeit die Meinung im Volksglauben und bei den gelehrten Quacksalbern, daß sie ein vorzügliches Mittel gegen Gift und Biß und am Halse oder an den Armen zu tragen seien, „Man legt sie in Wein oder Wasser . . . sie dürfen aber nicht gefälscht und müssen aus Malta sein“ (*Valentini*, l. c., p. 67).

Besondere Kräfte schrieb man jedoch dem „Einhorn“ oder „*Unicornu verum*“ zu, das bis zum Anfange des 18. Jahrhunderts mit Gold aufgewogen wurde.

(Schluß folgt.)

Die Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen.

Von Dr. Plato,

Geheimer Regierungsrat bei der Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ständiger Vertreter des Direktors.

(Schluß.)

Die Einrichtungen der Behörde (für Massenbestimmungen).

Nicht minder wichtig wie die Einrichtungen zu Längenvergleichen sind diejenigen zu Massenbestimmungen. An Wagen besitzt die R. M. G. eine große Anzahl, und zwar für wissenschaftliche Zwecke nur gleicharmige Balkenwagen verschiedener Größe und Ausführung. An

ihrer Anfertigung sind fast alle deutschen Hersteller feinerer Wagen beteiligt. Nach ihrer Genauigkeit werden sie unterschieden in Wagen ersten Ranges für Anschlüsse an das Urgewicht und Wägungen gleicher Genauigkeit, Wagen zweiten Ranges für Hauptnormale und Wagen dritten Ranges für Kontrollnormale und Gebrauchsnormale. Die Wagen dritten Ranges haben die üblichen Formen der physikalischen oder Präzisionswagen, befinden sich meist in einem Glaskasten und besitzen fast ausnahmslos eine Entlastungsvorrichtung für die Endschneiden und die Mittelschneide, wenigstens aber eine für die letztere. Es sind dies nach der Tragfähigkeit geordnet: Wage für 50 kg Tragfähigkeit, *Redecker & Nauß* in Bielefeld, 50 kg von *Hasemann* für die Auswägung von Eichkolben, 5 kg, *Hasemann* in Berlin, eine Wage mit besonders hohen Gehängen für die Auswägung von Flüssigkeitsmaßen mit Wasser, 1 kg *Lange*, 100 g *Schickert* in Dresden und 25 g *Bunge* in Hamburg. Alle Wagen haben rhomboidische Balken, deren Seiten gegeneinander verspreizt sind. Eine Ausnahme bildet nur die Bungewage, die einen sehr kurzen aber hohen Balken besitzt und daher ungemein schnell schwingt. Bei den größeren Wagen bestehen die Balken aus Stahl oder Schmiedeeisen, bei den kleineren aus Messing. Die ganze Einrichtung läßt nur Bordasche Wägungen zu, d. h. das Normal wird durch Tara-
stücke genau abgeglichen. Nachdem drei Schwingungen des Balkens, d. h. zwei Hingänge und ein Rückgang der Zunge abgelesen sind, ersetzt man das Normal durch das zu prüfende Gewichtsstück, liest die Schwingungen ab, wiederholt diese Wägung noch einmal und ersetzt dann wieder den Prüfling durch das Normal. Jede Gesamtwägung besteht also aus vier Einzelwägungen nach dem Schema N, P, P, N (N = Normal, P = Prüfling).

Unter den Wagen zweiten Ranges wird in den Verzeichnissen der R. M. G. eine Wage mit einer Tragfähigkeit von 50 kg von *Hasemann* in Berlin angeführt. Diese Wage ist aber ein Kunstwerk, wie es wohl zum zweiten Male nicht vorkommt, denn sie gestattet, ein 50-kg-Stück mit einer Wägung bis auf 1 mg, d. h. also bis auf $\frac{1}{5\,000\,000}$ seines Massenwertes zu ermitteln. Bei solchen hervorragenden Leistungen spielt immer der Zufall eine gewisse Rolle, und es dürfte dem trefflichen Künstler, dem die R. M. G. noch manche schöne Wage verdankt, wohl kaum gelingen, ein zweites Stück in gleicher Vollkommenheit herzustellen. Die Wage ist auch für gaußische Wägungen oder Wägungen mit Vertauschung der Gewichte eingerichtet. Nach *Gauß* setzt man bei der ersten Einzelwägung das Normal auf die rechte, das zu prüfende Gewicht auf die linke Schale, bei der zweiten Einzelwägung vertauscht man die Gewichte. Die dritte Einzelwägung ist gleich der zweiten, die vierte gleich der ersten. Auf diese Weise wird die Ungleicharmigkeit des Bal-

kens und die Veränderung der Temperatur und anderer nicht sprungweise verlaufender Einflüsse unschädlich gemacht. Bei den minder feinen Wagen geschieht die Vertauschung der Gewichte von Hand, bei den feinsten Wagen wird der Vorgang von außen, ohne Öffnung des Wagenkastens besorgt, damit nicht im Kasten durch die Handwärme aufsteigende Luftströme und Luftwirbel oder einseitige Erwärmungen des Balkens hervorgerufen werden. Bei der Hasemannwagen werden die Gewichte mit einem Wägelchen von den Schalen abgehoben und rechtwinklig zum Balken auf einen Schlitten gefahren, der sie in Richtung des Balkens von einer Schale zur anderen führt, wo sie von einem zweiten Wägelchen zu den Schalen gebracht und erschütterungsfrei auf sie niedergesetzt werden. Etwa erforderliche Zulagegewichte werden auf ein am Gehänge angebrachtes Schälchen gesetzt, das durch eine kleine Schiebetür im Umschlußkasten der Wage zugänglich ist. Weitere Wagen zweiten Ranges sind: eine Wage von *Stückrath* in Friedenau von 10 kg, gleichfalls für Vertauschung der Gewichte eingerichtet, 5 kg *Stückrath*, 5 kg *Stückrath*, 5 kg *Sartorius* in Göttingen, 2 kg *Imme*, 1 kg *Hasemann*, mit vollem Balken aus Magnalium, 500 g *Hasemann*, 250 g *Westphal*, 250 g *Kuhlmann* (in Hamburg, 125 g *Schickert*, 20 g *Westphal*, 1 g *Schickert*. Alle Wagen haben Stahlpfannen und Stahlschneiden, nur die Westphalwagen 20 g hat Achatpfannen und Achat-schneiden. Die Schickertsche Wage zu 1 g ist in letzter Zeit auch zu Mikrowägungen verwendet worden, und es ist gelungen, ihre Empfindlichkeit soweit zu steigern, daß bei Belastungen von 1 bis 5 mg für 1 mg Mehrbelastung die Zunge um 480 Teilabschnitte der Skala ausschlagen würde.

Die Wagen ersten Ranges sind sämtlich so eingerichtet, daß alle Handhabungen von außen her ohne Öffnung des Wagenkastens geschehen können. Abgesehen von der oben erwähnten 50-kg-Wage von Hasemann und einer 500-mg-Wage von demselben Künstler, rühren sie ausnahmslos von *Stückrath* in Berlin-Friedenau her. Es sind dies die folgenden Wagen, bei denen die mit einer Wägung zu erreichende Genauigkeit in Klammern daneben gesetzt ist. 25 kg mit vollem Magnaliumbalken (0,5 mg), 10 kg (0,1 mg), 1 kg, sogenannte alte Vakuumwagen (0,02 mg), 1 kg, sogenannte neue Vakuumwagen (0,01 mg), 250 g (0,01 mg), 100 g mit Pfannen und Schneiden aus Achat (0,005 mg), 10 g (0,005 mg) — hier schließt sich die 5-g-Wage von Hasemann an, die an Stelle der Schneiden Stahlschneiden hat (0,002 mg) — 500 mg mit Achatspitzen an Stelle der Schneiden (0,001 mg).

Bei allen Stückrathschen Wagen sind die Schneiden in Hohlzylinder eingebettet, um sie gegen Verstaubung nach Möglichkeit zu schützen. Die Schalenbügel haben die Form eines offenen Rechtecks, bei dem die der Wagensäule zugewendete Seite fehlt. Die Schalen haben nicht die

übliche Form eines Tellers, sondern die eines Kreuzes oder bei der 25-kg-Wage die eines Rostes aus 5 Stäben. Auf dem unteren Teile der Wagensäule ist ein drehbarer Ring mit einem Zahnrad übergeschoben. Am Ring sitzen zwei gegenüberliegende Arme, die sich an ihren Enden zu Tellern erweitern, die einen kreuzförmigen Ausschnitt haben. Der Ring mit den Armen läßt sich mit einem Exzenter heben und senken. Hierbei gleiten die Teller, die in ihrer höchsten Lage etwa 10 mm über den Schalen sich befinden, über die Kreuzschalen, ohne sie zu berühren, bis sie in ihrer tiefsten Lage etwa 10 mm unter den Schalen Halt machen. Befindet sich auf den Tellern ein Gewicht, so wird es bei ihrer Senkung von den Kreuzschalen aufgefangen und bleibt auf ihnen sitzen. Beim Heben der Teller werden die Gewichte wieder abgehoben. Rechtwinklig zum Balken geht durch den Wagenkasten ein Rohr mit Trieb. Wird es nach vorn geschoben, dann greift der Trieb in das Zahnrad, so daß nun der Ring mit den Tellern und etwa darauf stehenden Gewichten um 180 Grad gedreht werden kann. Auf diese Weise können die Gewichte von einer Schale auf die andere gebracht und miteinander vertauscht werden. Durch das Rohr geht eine Stange mit Knopf, durch die die Arretierungsvorrichtungen betätigt werden. Die Stange ist bei den kleineren Wagen 300 bis 500 mm lang. Sie wird durch einen Bügel überwölbt, auf dem ein Ablesefernrohr zur Beobachtung der Zeigerschwungung sitzt. Während der Wägung braucht der Beobachter sich also nicht weiter als bis auf 300 bis 500 mm der Wage zu nähern. An den Enden des Wagebalkens befindet sich je ein gezahntes Lineal zum Aufsetzen von Reitergewichten zur Ausgleichung des Gewichtsunterschiedes zwischen Normal und Prüfling. Auch die Aufsetzung der Reiter geschieht durch eine besonders sinnreiche Einrichtung von außen, ohne daß der Wagenkasten geöffnet zu werden brauchte.

Einige Worte noch über die sogenannten Vakuumwagen. Bei den Wägungen spielt der Luftauftrieb der Gewichte eine bedeutende, jedoch schwer zu kontrollierende Rolle, da die Zusammensetzung der Luft je nach den meteorologischen Verhältnissen, aber auch nach anderen Einflüssen, z. B. der Nähe von Fabriken, rauchenden Schornsteinen usw., Veränderungen erleidet. Man kann diese Störungen ausschalten, wenn man die Wägungen im luftleeren Raume vornimmt, wobei auch noch die Reibungen des Balkens an und in der Luft ausgeschaltet werden. Die erste Vakuumwagen wurde von *Bunge* in Hamburg entworfen. Sie steht auf einem Luftpumpenteller mit einem Metallring, auf den ein Glaszylinder aufgeschliffen ist, der oben durch einen starken, fest aufgeschliffenen Metallteller abgeschlossen wird. Der Teller hat in der Mitte einen vier-eckigen Ausschnitt, der durch ein aufgeschliffenes Prisma bedeckt ist. Auf den Wagenbalken ist ein Spiegelchen aufgeklebt. Das Ablesefern-

rohr befindet sich in 3 m Entfernung, über ihm liegt dem Prisma gegenüber eine von hinten beleuchtete Milchglasskala, die bekannte Ablesevorrichtung des optischen Fühlhebels. Der Metallring ist an 16 Stellen durchbohrt, durch die Öffnungen gehen Stangen, mit denen die Arretierung, die Einrichtung zur Vertauschung der Gewichte und zum Aufsetzen der Reitergewichte, je 7 auf jeder Seite, betätigt werden. Die Öffnungen sind mit Gummischläuchen abgedichtet, es ist aber klar, daß bei den vielen Durchbohrungen die Luftverdünnung sich nicht lange halten konnte. Bei der neuen Stückerischen Wage sind nur noch drei Durchbohrungen vorhanden, indessen ist das Prinzip der Wägungen im Vakuum ziemlich wieder aufgegeben. Jeder Körper ist mit einer Luftschicht belegt, die unter gewöhnlichen Verhältnissen fest an seiner Oberfläche haftet, in der Luftleere aber losgerissen wird und dann lange Zeit zu ihrer völligen Neubildung erfordert. Hierdurch kommt in die Wägungen ein recht störendes Moment der Unsicherheit hinein. Man legt daher den Wägungen im luftverdünnten Raume nicht mehr den früheren Wert bei. Dagegen ist die neue Vakuumwage von einem blanken Kupfermantel umschlossen, der die Bildung von Temperaturschichtungen verhindern soll und auch äußere Temperaturstrahlungen abhält. Die feinsten Wägungen finden ferner in einem Raume von sehr gleichmäßiger Temperatur statt, in dem zugleich die Luftfeuchtigkeit durch eine selbsttätige Befeuchtungseinrichtung stets auf gleicher Höhe gehalten wird.

Neben den Komparatoren und Wagen erwecken die *Normale* das größte Interesse. An ihrer Spitze stehen die deutschen Urmaße des Meters und des Kilogramms. Das Meter hat einen X-förmigen Querschnitt. Es ist aus demselben Gußblock wie das internationale Urmaß hergestellt und ist in gleicher Weise bearbeitet. Auf ellipsenförmigen Flächenstücken, deren obere Flächen Spiegelpolitur erhalten hatten, ist es an beiden Enden mit einer Gruppe von je drei 6 bis 8 μ breiten, voneinander durch Zwischenräume von 0,5 mm getrennten Strichen versehen, von denen die beiden mittelsten als Begrenzungs-, die anderen als Hilfsstriche dienen. Die Striche befinden sich in der neutralen Ebene des Stabes, d. h. in derjenigen Ebene, die gleichlaufend mit der Fußebene durch die Schwerpunkte der Querschnitte gelegt ist. Durch eine geringe Schwächung der unteren Schenkel ist diese Ebene in die Mitte der Höhe des Querschnittes gebracht. Die Lage der Mittelachse wird durch je zwei stärkere Längsstriche bestimmt, die auf den beiden Flächenstücken in einem gegenseitigen Abstände von 0,2 mm gezogen sind. Die Schenkel und die Mittelrippe haben eine Stärke von 3 mm.

Bei der gewählten Form der Ausführung ist der Stab selbst, zumal bei der Festigkeit des Stoffes, einer Legierung von 90 Teilen Platin mit 10 Teilen Iridium, in hohem Grade nach allen Seiten

vor Durchbiegungen geschützt. Es ist aber auch infolge der Lage der Striche in der neutralen, nach der Festigkeitslehre verzerrungsfreien Schicht der Abstand der beiden Endstriche von einander vor den Wirkungen der noch denkbaren Durchbiegungen bei den möglichen Verschiedenheiten der Auflagerungen des Maßstabes derartig bewahrt, daß selbst im äußersten Falle keine merkliche Veränderung des Abstandes der Striche von einander auftreten kann. Der Querschnitt gewährt ferner der Oberfläche des Maßes eine große Entwicklung im Verhältnis zum Rauminhalt, was der Ausgleichung der Temperatur des ganzen Maßstabes mit derjenigen der Umgebung und der aufgelegten Thermometer zugute kommt. Das Maß ist untergebracht in einer besonderen Kapsel, die von einem Zylinder aus massivem Holz, in den eine Längsrinne zur Aufnahme des Stabes ausgespart ist, gebildet wird und sich in einer starken zylindrischen Büchse aus Messing befindet, die einen Schraubenverschluß trägt.

Im Range nach dem Urmaß kommen die Arbeitsnormale, die in allen Größen zahlreich vorhanden sind. Die beiden wichtigsten sind die Meterstäbe S_1 (Stahlstrichmaß) und B_1 (Bronzestrichmaß). Beide Maße haben H-förmigen (trogförmigen) Querschnitt und sind in der neutralen Schicht geteilt. Der von *Repsold* angefertigte Stahlstab ist in Dezimeter, das erste Dezimeter ist in Millimeter, die ersten 10 Millimeter sind in Zehntelmillimeter geteilt; die Teilung befindet sich auf eingesetzten Platinstreifen. B_1 rührt von *Reichel* her. Es trägt auf Platiniridium-Pflocken eine Teilung in Dezimeter, das erste Dezimeter ist in Zentimeter, das erste Zentimeter in Millimeter, das erste Millimeter in Zehntelmillimeter unterteilt. Neben diesen Strichmaßen ersten Ranges besitzt die R. M. G. noch eine große Anzahl von Stäben und Skalen aus Platiniridium, Nickelstahl, Silber, Platin, ferner aus Stahl und Messing mit oder ohne eingelegten Silberstreifen von 4 m bis herab zu 0,1 m Länge, auch Bandmaße und Meßdrähte von 30, 25 und 24 m Länge. Die Teilungen liegen nur bei einzelnen Stäben in der neutralen Schicht, bei der Mehrzahl in der Oberfläche.

Unter den Endmaßen ist das hervorragendste eine genaue Nachbildung des deutschen Urmaßes aus Platiniridium. Die Länge des Stabes ist durch die Endflächen begrenzt. Daneben gilt als Stab ersten Ranges das alte preußische Urmaß aus Platin von *Fortin* mit rechteckigem Querschnitt. Ihm gleich an Wert sind zwei Maßstäbe quadratischen Querschnittes, einer aus Stahl, der andere aus Bronze, beide von *Reichel*. In die Endflächen sind Kegel aus Saphir eingesetzt, deren Spitzen in der Stabachse liegen und die Gesamtlänge begrenzen. Ein stählernes Doppelmeter von *Reichel* ist in gleicher Weise hergerichtet. Zur Prüfung der Industriemaße dient ein Satz von Meßklötzen.

Das deutsche Urgewicht ist eine genaue Nach-

bildung des internationalen Urmaßes und ist aus dem gleichen Platiniridium-Gußblock wie dieses hergestellt. Es hat die Form eines geraden Zylinders von 39 mm Höhe und 39 mm Durchmesser mit abgerundeten Kanten. Es wird unter einer doppelten Glasglocke aufbewahrt und steht auf einem Untersatz, der mit einer Platte aus Bergkristall bedeckt ist. Zur Versendung wird es auf seinem Untersatz durch Schrauben festgehalten, die mit besonders zu diesem Zweck gereinigtem Wildleder bekleidet sind; das Ganze wird durch eine aufgeschraubte Umhüllung aus Messing geschützt.

Bei den Gewichten kommt es in erster Linie auf die Unveränderlichkeit der Masse an, es ist aber bisher noch kein Stoff gefunden, der sie in völlig befriedigendem Maße besäße. Für feinste Gewichte sind bisher benutzt Kupfer, Reinnickel, Platin, Platiniridium, Aluminium, ferner Messing mit Überzügen aus Gold, Platin, Kupfer, Nickel. Am besten bewähren sich noch Gewichte aus Messing mit starker Vergoldung oder Vernickelung. Bei den gleichfalls vorhandenen Gewichten aus Bergkristall macht sich die bei der geringsten Reibung auftretende elektrische Ladung störend bemerkbar, auch schlägt sich die Luftfeuchtigkeit auf ihnen in höherem Grade an, als bei metallenen Gewichten. Abgesehen von den Gewichten aus Aluminium, Platin, Platiniridium und Bergkristall, die eine Zylinderform gleich dem Urmaß aufweisen, haben alle Gewichte die Form eines Zylinders mit Knopf, nur die Bruchgramme stellen Scheiben mit aufgebogener Kante oder Ecke dar, und zwar sind die Stücke zu 500, 50 und 5 mg Sechsecke, die zu 200, 20 und 2 mg Quadrate, die zu 100, 10 und 1 mg Dreiecke. Die Stücke von 5 mg abwärts bestehen aus Aluminium, die größeren Stücke aus Platin. Eine Reihe von Gewichtssätzen von Bruchmilligrammen bis 0,1 mg gleicher Form vervollständigen die Ausrüstung der R. M. G. an Gewichten.

Die Untersuchung der Handelswagen geschieht in einer besonderen Abteilung. Als Prüfungshilfsmittel dienen in erster Linie Gewichte, von denen schon oben die Rede war. Ein großer Teil der Tätigkeit dieser Abteilung spielt sich außerhalb des Dienstgebäudes ab. Der Hauptsache nach handelt es sich um Konstruktionsprüfungen an der Hand von Zeichnungen und eingereichten Musterstücken. Da aber große ortsfeste Wagen und auch die Mehrzahl der Registrierwagen nur am Aufstellungsorte und im praktischen Betriebe geprüft werden können, erfolgt für sie die Untersuchung je nach ihrer Zweckbestimmung in den Fabriken, in Molkereien, Bergwerken usw. Für Versuchszwecke ist aber auf dem Hofe des Dienstgebäudes eine Fuhrwerkswage von 10 000 kg Tragfähigkeit eingebaut worden, die sowohl als Laufgewichts- wie als Zentesimalwage benutzt werden kann. Von der Wichtigkeit dieses Tätigkeitsgebietes legt es Zeugnis ab, daß von den Be-

amten der R. M. G. zahlreiche Aufsätze über die Theorie der Wagen und die Ermittlung ihrer Fehler veröffentlicht sind.

Einen großen Raum in der Tätigkeit der R. M. G. beansprucht die *Aräometrie*. Ein bedeutender Teil ihrer wissenschaftlichen Arbeiten liegt auf diesem Gebiet, so die umfangreichen Untersuchungen über Dichte, Ausdehnung und Kapillarität der Mineralöle und Teeröle, der Lösungen von reinem Rohrzucker, von Alkohol, Schwefelsäure, Salzsäure in Wasser, von Bierwürze, Milch, von Farbholz- und Gerbstoffauszügen, Äthyläther, Schwefeläther usw. Viele von diesen Arbeiten sind in den Wissenschaftlichen Abhandlungen der Normal-Eichungskommission veröffentlicht, andere haben die Unterlage zu großen Tafelwerken, namentlich solchen zu zolltechnischen Zwecken gebildet. Einige, wie namentlich die Zuckeruntersuchungen und Zuckertafeln, sind international anerkannt und angenommen worden. Nebenher geht eine sehr ausgedehnte Prüftätigkeit. Viele Tausende von Alkoholometern, von Schwefelsäure-, Baumé- und anderen Aräometern sind namentlich für Zollbehörden bestimmt worden. Für diese Prüfungen steht neben einer Reihe von Aräometern für besondere Zwecke, wie Alkoholometern, Milchprobern, Wein-, Mostprobern, Saccharimetern usw., der R. M. G. ein Doppelsatz von Aräometern zur Verfügung, wie ihn in gleicher Vollendung kein zweites Institut der Welt besitzt. Hergestellt von J. C. Greiner (Berlin), umfaßt dieser Satz den Dichtebereich von 0,600 bis 2,100, reicht also vom leichtesten Rhigolen bis zu den schwersten Metallösungen in Königswasser. Fortschreitend für die leichten Flüssigkeiten nach Einheiten der vierten Dezimale (0,0001), bei den schweren Flüssigkeiten noch 0,0002 der Dichte ist der Bereich über 63 Spindeln verteilt. Für die gangbarsten Dichten stehen die Prüfungsflüssigkeiten, Mineralöle, Glycerin-Alkohol und Schwefelsäure-Alkohol-Mischungen in Standgläsern stets zum sofortigen Gebrauch bereit. Die Normale werden nach der sogenannten Fundamentalmethode bestimmt, d. h. die Dichte einer Flüssigkeit wird erst mit einem Schwimmkörper durch hydrostatische Wägung ermittelt und dann wird das Instrument in die Flüssigkeit getaucht. Nachher werden auf dem Schraubenkomparator seine Teilfehler und auf einem von Reichel ersonnenen Schneidenkontaktapparat seine Kaliberfehler festgestellt und bei der Fehlertafel berücksichtigt.

Von allergrößter Bedeutung für den Welthandel sind die *Getreideprober*. Obgleich es sich im Getreideverkehr bei den gewaltigen Umsätzen um hohe Geldwerte handelt, lag doch bis vor kurzer Zeit die Bestimmung der Qualität des Getreides, nach der der Preis sich richtet, gar sehr im argen. Sie wird ermittelt durch Auswägung einer bestimmten Raummenge; das Verhältnis zwischen Raummenge und Gewicht ist bestimmend für die Güte der Waren, indem das relativ schwerste Ge-

treide auch zugleich das wertvollste ist. Diese Qualitätsbestimmung erscheint sehr einfach, bietet aber außerordentliche Schwierigkeiten, weil die Getreidemenge, die in ein Hohlmaß bestimmter Größe hineingeht, nach der Art der Schüttung stark wechselt, z. B. nach der Fallhöhe der Körner, nach der Schnelligkeit der Schüttung, nach dem Grade der Erschütterung und Federung des Gefäßes, der Art der Luftverdrängung usw. Ein zuverlässiger Apparat war früher nicht vorhanden; die sogenannte alte holländische Kornschale versagte, zumal ein Urmaß, auf das die verschiedenen Schalen hätten zurückgeführt werden können, nicht vorhanden war. Auch die alte deutsche (Löhmansche) und die russische Schale genügten nicht. Da hat dann die R. M. G. in langjähriger Tätigkeit erst für den Börsenverkehr den deutschen Viertelliterprober für Postproben und den Literprober herausgebracht. Dann ging es an die Konstruktion eines fast selbsttätig arbeitenden 20-l-Probers für die Qualitätsbestimmung ganzer Schiffsladungen. Unter tätiger Mitwirkung der Firmen *Schopper* in Leipzig und *Sommer und Runge* in Berlin-Friedenau ist es gelungen, zwei Apparate zu bauen, die tadellos arbeiten. Der Schoppersche Prober ist durch internationale Verträge als der im Getreideverkehr allein maßgebende anerkannt und wird in allen Häfen und Umschlagsplätzen verwendet. Die Urmaße der drei Proberarten stehen im Dienstgebäude der R. M. G. Ihre Nachbildungen werden dauernd zu Vergleichen benutzt, ein Reiseapparat des 20-l-Probers dient zur Nachprüfung der in deutschen Häfen aufgestellten großen Prober. Eine nicht geringe Menge von Getreide jeder Art und Güte ist in einem Raume aufgestapelt, eine Entstäubungsmaschine wird zu seiner Reinigung vor Ingebrauchnahme bereit gehalten.

Große und hohe Räume stehen in einem Anbau der Abteilung für *Gasmesser* zur Verfügung. Die Prüfung der bereits für eichfähig erklärten Gasmesser obliegt, wie die Prüfung der eichfähigen Wagen jeder Art, auch die der kleinen Getreideprober (20-Liter-Prober werden außer von der R. M. G. nur noch von dem Haupteichamt in Leipzig und der Eichungsinspektion in Hamburg geeicht) den Eichämtern; die R. M. G. führt in ihrem Dienstgebäude und teilweise auch in den Gasmesserrfabriken nur die Vorversuche aus, die der Zulassung zur Eichung vorausgehen oder zur Verbesserung dieser Meßapparate und zur Weiterbildung der Meßmethoden erforderlich sind. Erwähnt seien hier die mannigfachen Versuche über nasse Gasmesser, bei denen das leicht verdunstende und deshalb zu Betriebsstörungen führende Wasser durch schwer verdampfende Mineralölmischungen (Ölgasmesser) ersetzt ist, die Versuche über trockene Gasmesser, bei denen an Stelle der leicht hart werdenden und dann schwer beweglichen Lederbalgen Membrane aus Textilstoffen, Goldschlägerhaut und dergl. verwendet sind. Als Normale dienen Kubizierapparate, d. h. große zylindrische

drische Glocken, die in Wasser tauchen, nach Art der großen Gasometer, nur in sehr viel feinerer Ausführung und mit verschiedenen Nebeneinrichtungen für besondere Zwecke versehen. Die Kubizierapparate der R. M. G. haben noch Vorkehrungen, um den schädlichen Einfluß der Verdampfung des Wassers, des Abtropfens der Flüssigkeit an den Wänden der Glocken, der Temperaturschichtung im Beobachtungsraum usw. auf die Veränderung des Luftinhalts der Glocken auszuschneiden. Große Normalgasmesser und kleine Experimentiergasmesser, Ventilatoren zum Füllen der Apparate und Durchtreiben der Luft durch die Messer, Luftdruckregler und Manometer jeder Art, Eichkolben, unter ihnen eine doppelt wirkende sogenannte Gasometerwippe, vervollständigen die Ausrüstung. Im Kriege haben die Versuche über die Ersetzung der beschlagnahmten Metalle, unter denen namentlich Messing bei den Gasmessern viel benutzt wird, durch freie Metalle wie Zink, viel Arbeit verursacht. Eine besonders interessante Aufgabe, bei der die Versuche noch nicht abgeschlossen sind, ist durch die Nutzbarmachung des früher frei in die Luft entweichenden Gases in den großen Kokereien und Hüttenwerken aufgetaucht. Lange Leitungen führen dieses Gas jetzt in die umliegenden Betriebe, auch in die Städte, wo es zur Weiterverwendung gesammelt wird. Es handelt sich hier um gewaltige Mengen, deren Vermessung durch Riesengasmesser mit einem stündlichen Durchlaß von 2000 cbm und mehr erfolgt. Hierbei müssen die großen Trommeln der Gasmesser sich mit einer Geschwindigkeit drehen, an die man bisher auch nicht entfernt gedacht hatte. Die Abhängigkeit der Anzeigen der Gasmesser von ihrer Umdrehungszahl festzustellen ist von großer Wichtigkeit, da schon kleine Fehler in den Angaben sich in bedeutende Geldwerte umsetzen.

Neben den Gasmessern haben sich die *Wassermesser* niedergelassen. Bei ihnen ist alles noch im Werden. Doch sind aus den Versuchen über die Abhängigkeit der Angaben der Wassermesser vom Wasserdruck, von der Durchlaßgeschwindigkeit, von der Temperatur des Wassers und anderes schon schöne Ergebnisse gezeitigt. Auch hat sich die R. M. G. die Vervollkommnung der Apparate, besonders der Düsenwassermesser und der Kippwassermesser angelegen sein lassen. Der Bau einer großen Wassermesserstation, der bereits genehmigt war, und für den die Pläne schon fertig vorliegen, hat leider wegen des Krieges verschoben werden müssen.

Die Abteilungen für die *Prüfungen und Untersuchungen von Flüssigkeitsmaßen*, Fässern, Hohlmaßen, Meßwerkzeugen für wissenschaftliche und technische Untersuchungen sowie für medizinische Spritzen seien nur nebenbei erwähnt, da sie außer Wagen und Gewichten keine besonderen Einrichtungen beanspruchen. Neben der R. M. G. sind mit der Eichung der beiden letztgenannten Gattungen von Meßgeräten nur noch die ihr un-

mittelbar unterstellten Prüfungsämter in Ilmenau und Gehlberg in Thüringen betraut.

Das chemische Laboratorium der R. M. G. ist in erster Linie als Hilfseinrichtung für die anderen Arbeitsgruppen gedacht worden. So führt es für die Gasmessergruppe die Prüfung der Füllöle aus und die Untersuchung der Membrane. Für die Gewichtsgruppe sind Jahre hindurch große Versuchsreihen angestellt über die Durchtränkung eiserner Gewichte mit verschiedenen Flüssigkeiten, namentlich Ölen, um sie gegen Rosten von innen heraus, ferner über Lackzusammensetzungen, um sie durch Anstriche gegen Rosten von außen her zu schützen. Ähnliche Versuche beschäftigten sich mit der Durchtränkung von Geweben, um sie gegen Feuchtigkeit dicht zu machen; sie betreffen die Längenmaßgruppe. Nebenher gehen zahlreiche Analysen von Metallen für Gewichte, Wagebalken, Eichpfropfen, Eichplatten usw., von Überzügen über Gewichte und Flüssigkeitsmaße, von Glasflüssen und was dergleichen Aufgaben mehr sind. Bei der Tätigkeit für den inneren Betrieb der Behörde blieb es aber nicht lange. Aus den oben angeführten Gründen wurden dem Laboratorium von den Zentralbehörden alle Arbeiten überwiesen, die sich auf die Ausbildung von chemischen Verfahren bei zolltechnischen Untersuchungen beziehen, und hier ist ihm ein Betätigungsfeld erwachsen, das seine Zeit reichlich in Anspruch nimmt.

* * *

Besondere Beachtung finden bei einer Besichtigung der R. M. G. jedesmal ihre reichhaltigen *Sammlungen*, die auch kein zweites Institut für Maß und Gewicht aufzuweisen vermag. Sie bieten Eichbeamten und Fabrikanten ein hervorragendes Anschauungsmaterial. Im dritten Stockwerk sind in einer Saale in Wandschränken und freistehenden Glasschränken, auf Konsolen und Tischen sowie an den Wänden alle Gegenstände untergebracht, die im Deutschen Reich zur Eichung zugelassen sind, und zwar jedes Meßgerät in allen nur möglichen Ausführungsformen und Werkstoffen. Ihnen reihen sich die Normale und Normalapparate, die Prüfungshilfsmittel und sonstige bei der Eichung erforderliche Gegenstände an. Z. B. enthält Schrank Nr. 1 alle Arten von Längenmaßen: Endmaße, Strichmaße, Maße, die an einem Ende als Endmaße, am anderen als Strichmaße ausgebildet sind, Maße mit und ohne Handgriff, Maße von quadratischem, rechteckigem und kreisrundem Querschnitt, zusammenlegbare oder Klappmaße, Kluppmäße, Meßbänder. Maße hoher Genauigkeit (Präzisionsmaße) aus verschiedenen Metallen, Werkmaße aus Metall und Holz, hölzerne Maße für den öffentlichen Verkehr aus Tanne, Rotbuche, Weißbuche, Ahorn, Elsbeere usw. Klappmaße aus Holz, Stahl, Elfenbein, Fischbein, Kluppmäße, ganz aus Holz mit und ohne Reduktionstabellen, hölzerne Kluppmäße mit Metallumfassung, mit

einem oder zwei Schenkeln aus Metall, endlich solche ganz aus Metall. Dann sind zu sehen Einzelheiten, z. B. eine Sammlung aller Arten von Scharnieren und Einfallfedern, wie sie bei den zusammenlegbaren Maßen vorkommen, polierte Platten aus allen Hölzern, die zur Herstellung von Längenmaßen verwendet werden usw. In den oberen Fächern befinden sich die Gebrauchs-, Kontroll- und Hauptnormale, die bei der Eichung benutzt werden. Gestelle auf dem Schranke tragen die Meßplatten der verschiedenen Formen mit viereckigem, kreisrundem und ovalem Querschnitt und die Längenmaße, die für die Schiffsvermessung vorgeschrieben sind.

Der zweite Schrank birgt die Flüssigkeitsmaße. Da gibt es welche aus Metall, und zwar aus Weißblech, Zink, Aluminium, Messing, Kupfer, emailliertem Eisenblech und aus Glas. Maße in Zylinder-, in Flaschen- und Kannenform, mit Begrenzung durch den Rand, durch Stifte unter dem Rand, durch Striche am Halse usw. Maße mit und ohne Ausguß (Schnauze), mit Henkel und langem gebogenem Draht (Ölmaße), Blechmaße mit umgebogenem, gefalztem, durch Draht einlage verstärktem Rand, gegossene, gelötete, geschweißte und aus einem Stücke gepreßte Metallmaße, gegossene und geblasene Glasmaße. Es würde zu weit führen, alle Einzelheiten aufzuzählen. Oben sind wieder die Normale und auf dem Schrank alle die verschiedenen Arten von Milchmaßen für Molkereien und Sennereien, die Herbstgefäße für Most in Zylinder- und Büttelform aufgestellt. Nach gleichen Grundsätzen sind gesammelt die Meßwerkzeuge für Flüssigkeiten, die Fässer, Hohlmaße und Gewichte. Ganz besonders reichhaltig ist die Zusammenstellung aller Gasmesser und Gasmesserteile, die allein drei Schränke füllt. Aber auch die Wagen sind fast vollzählig vertreten. Da fehlt es nicht an gleicharmigen und ungleicharmigen, an Balken- und Brückenwagen, Dezimalwagen, Zentesimalwagen und Laufgewichtswagen, einfachen und zusammengesetzten, unterschaligen, overschaligen und halb overschaligen Wagen, Feder- und Neigungswagen, selbsttätigen Registrierwagen für Getreide und Kaffee, und wie sie alle heißen mögen. Für den Physiker und Chemiker ist vielleicht noch von besonderem Interesse eine große Sammlung aller Arten von Büretten, Pipetten, Meßkolben und Meßgläsern, auch der verzwicktesten Formen für Gasanalyse, sowie die schöne Sammlung der Aräometer.

Im vierten Stockwerk befindet sich ein gleicher Saal, in dem historische Gegenstände ausgestellt sind, Maße, Gewichte, Wagen, Getreideprober und Aräometer, die vor der Einführung des metrischen Systems und vor der Errichtung des Reiches in den deutschen Einzelstaaten gebräuchlich und eichfähig waren. Auf Vollzähligkeit kann diese Sammlung natürlich keinen Anspruch machen, denn es wird mit jedem Jahre schwieriger, die alten Gegenstände zusammenzubringen,

zumal ihre Zahl eine außerordentlich große ist — gab es doch in Deutschland allein 132 verschiedene Ellen. Auch eine kleine Sammlung ausländischer, italienischer, russischer, norwegischer, französischer usw. Maße und Gewichte ist in einem Schranke untergebracht.

*

Zum Schlusse noch einige Worte über das Gebäude. Es ist errichtet auf einer urzeitlichen Endmoräne, wie aus den aufgefundenen Geschieben und Versteinerungen hervorgeht. Am tiefsten in den Erdboden hinein drängt sich der Betonklotz, auf dem der große Komparator aufgemauert ist. Beim Ausheben der Erdmassen mußte unter den Grundwasserspiegel gegangen werden, so daß sich die Baugrube schnell mit Wasser füllte, das sich in keiner Weise fortbringen ließ. Erst durch Aufstellung von vier mächtigen Kreispumpen konnte sie trocken gelegt werden. Nun zeigte sich aber ein anderer Übelstand; der Grund besteht aus Schwemmsand, der fast wie Wasser nachrieselt, so daß der gegenüberliegenden Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in des Wortes wahrster Bedeutung der Boden unter den Füßen entzogen wurde. Nur durch schnellstes Arbeiten in Tag- und Nachtschichten konnte der Gefahr von Mauerrissen vorgebeugt werden.

Im Kellergeschoß steht in einem Korridor der 40 m lange Bandmaßkomparator. Am Ende des Korridors befindet sich der Urmaßraum und neben ihm ein heller Raum, in den die Urmaße gebracht und wo sie besichtigt werden, bevor sie in Gebrauch genommen und bevor sie wieder fortgelegt werden. In einem zweiten Raum findet die Prüfung der Ledermeßapparate (Flächenmaße, Planimeter) statt. In den übrigen Kellern, soweit sie nicht durch Heizanlagen beansprucht werden, sind große Pfeiler auf dem Sandgrund aufgemauert, die frei durch den Boden des Erdgeschosses hindurchgehen und oben eine Sandsteinplatte tragen, die zur Aufnahme von Instrumenten bestimmt ist. In den Räumen des Erdgeschosses ist der Hauptraum der Komparatorsaal mit dem 1-m- und dem 4-m-Komparator. In den übrigen Räumen stehen auf den erwähnten Pfeilern alle wichtigeren Komparatoren und einige Wagen, unter ihnen die neue Vakuumwage und die Hasemannsche 50-kg-Wage. Dann folgen die Räume zur Prüfung der Getreideprober und der großen Wagen, ferner die Räume für die Untersuchung der Wassermesser und der Gasmesser.

Im ersten Stockwerk nimmt der Sitzungssaal die erste Stelle ein. Außerdem liegt dort das Zimmer des Direktors und das seines ständigen Vertreters sowie die Zimmer einiger Mitglieder, das Bureau und die Kanzlei. Im zweiten Stock hat sich in drei Zimmern die Aräometrie niedergelassen, ein Zimmer nimmt das chemische Laboratorium ein, weitere Zimmer dienen der Prüfung der Meßwerkzeuge für wissenschaftliche und technische Zwecke und der Meßgeräte für die Eich-, Steuer- und Schiffsvermessungsbehörden. In

einem Saale ist die Bibliothek untergebracht, die zwar nicht besonders groß ist, aber die Fachliteratur ziemlich vollzählig enthält. Namentlich ist hervorzuheben eine fast lückenlose Sammlung der Gesetze aller Kulturländer über das Maß- und Gewichtswesen. Das internationale Maß- und Gewichtsbureau ahmt jetzt das Beispiel der R. M. G. nach und stellt sich eine gleiche Sammlung zusammen. Die übrigen Räume werden als Arbeitszimmer von den wissenschaftlichen Beamten benutzt. Auch im dritten Stockwerk liegen solche Arbeitszimmer, daneben der Zeichensaal, der Saal für die Sammlung der eichfähigen Meßgeräte und verschiedene Zimmer für Komparatoren und Wagen zweiten Ranges, auch ein Raum zur Prüfung der kleinen Getreideprober. Das vierte Stockwerk enthält den Museumssaal und eine Werkstatt, in der dauernd 6 bis 8 Mechaniker ausschließlich für den inneren Dienst der R. M. G. beschäftigt sind. Namentlich haben sie alle vorkommenden Instandsetzungen der Apparate und Instrumente auszuführen sowie alle schnell gebrauchten Hilfseinrichtungen herzustellen. Dagegen werden alle größeren Instrumente, wenn sie über das Versuchsstadium hinaus gediehen sind, ausschließlich durch freie Mechanikerwerkstätten ausgeführt. Das vierte Stockwerk überragt noch ein Aufbau, in dem ein großer Wasserbehälter für die Wassermesserstation zu Prüfungen bei anderem als dem Druck im städtischen Leitungsnetz eingebaut ist. So ist das Gebäude bis über das Dach ausgenutzt, aber seit langem ist es zu klein geworden und schon war ein Neubau geplant und auch bewilligt, der namentlich Räume für feinste Präzisionsmessungen und Wägungen, einen größeren Sitzungssaal, Räume zur besseren Aufstellung der Sammlungen und je eine große Station für Wassermesser, Gasmesser und große Wagen enthalten sollte. Da kam der Krieg mit seinen gewaltigen Geldansprüchen dazwischen. Nun ist Deutschland für lange Zeit hinaus ein armes Land und wird sobald keine Mittel für derartige Forderungen übrig haben. Aber es ist nicht Sache des deutschen Gelehrten, zu verzagen. Auch in den beschränkten Räumen wird fleißig weiter geschafft werden, und hoffentlich wird noch manche schöne Untersuchung, manche gründliche Arbeit aus dem Dienstgebäude der R. M. G. ihren Weg in die Öffentlichkeit finden, der deutschen Wissenschaft und Technik zu Nutzen und Ehre.

Besprechungen.

Föppl, A., Vorlesungen über Technische Mechanik. In 6 Bänden. Zweiter Band: Graphische Statik. 4. Auflage. XII, 406 S. und 209 Abbildungen. Preis geh. M. 15,—, geb. M. 16.—. Dritter Band: Festigkeitslehre. 6. Auflage. XVIII, 469 S. und 114 Abbildungen. Preis geh. M. 15,—, geb. M. 16,—. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1918.

Aus Anlaß der Neuauflagen des 2. und 3. Bandes der Technischen Mechanik von A. Föppl mag an dieser Stelle vor allem darauf hingewiesen werden, daß die Föpplischen Lehrbücher, obwohl ursprünglich für den

Studierenden des Ingenieurfaches geschrieben, doch auch dem Mathematiker, dem Physiker und überhaupt jedem Naturwissenschaftler, der über Fragen der Mechanik, einschließlich der Hydromechanik, Elastizitätslehre und graphischen Statik Aufschluß sucht, auf das wärmste zu empfehlen sind. Ihr größter Vorzug besteht nämlich unstrittig in ihrer didaktischen Klarheit, die insbesondere dem Bedürfnis des nachdenklichen Lesers entgegenkommt und seinen Einwürfen und Zwischenfragen von vornherein ausführliche Antworten erteilt.

Didaktische Klarheit ist kaum irgendwo so wertvoll, wie auf dem scheinbar elementaren Gebiete der Mechanik, wo das mathematische Rüstzeug (wie z. B. in den vorliegenden Vorlesungen) verhältnismäßig einfach sein kann, während sich begriffliche Schwierigkeiten mannigfaltigster Art häufen. Wer je mit seminaristischen Übungen in Mechanik zu tun hatte, weiß, wie schwer und langwierig die Schulung des mechanischen Denkens ist. Jedes Mittel, solche Schulung zu erleichtern, muß willkommen sein. Man wird es hiernach verstehen und billigen, wenn in den Föppl'schen Büchern einerseits gerade die grundlegenden Begriffe so ausführlich behandelt sind, wie dies fast nur in mündlicher Unterweisung möglich ist, und wenn andererseits der vorgetragene Stoff seinem Umfange nach einer sorgfältigen Beschränkung unterworfen und schon äußerlich derart eingeteilt wird, daß die elementaren Kapitel von den verwickelteren (5. und 6. Band) scharf getrennt sind.

Als einen weiteren Vorzug der in diesen Büchern niedergelegten Lehrmethode möchten wir die Benutzung von Vektoren hervorheben. Deren grundlegende Bedeutung für die Mechanik wird zurzeit noch vielfach verkannt, und zwar auch von denen, die in den Vektoren lediglich harmlose Abkürzungen für drei Koordinaten sehen. Der Vektor ist entschieden viel mehr als eine Abkürzung, er ist ein Begriff von großer methodischer Wichtigkeit, vergleichsweise für das Verständnis der Mechanik ebenso notwendig, wie die Faradaysche Vorstellung der Kraftlinien für das Begreifen der elektromagnetischen Vorgänge. Der didaktische Vorzug der Vektorrechnung besteht darin, daß mit den Begriffen selbst und nicht bloß mit ihren analytischen Zergliederungen operiert wird. Wer sich einmal die verhältnismäßig geringe Mühe genommen hat, sich mit den einfachen Grundregeln der Vektorrechnung vertraut zu machen, der wird alsbald mit Erstaunen feststellen, über was für ein wirksames Werkzeug er zu verfügen weiß. Solche Kenntnisnahme gelingt am leichtesten vielleicht gerade Hand in Hand mit dem Studium der elementaren Mechanik (1. Band), und sie ist jedenfalls die Vorbedingung für das Eindringen in die eigentliche Dynamik (4. Band). Wir begrüßen die weite Verbreitung der Föppl'schen Bücher besonders deswegen, weil wir von ihnen ein stärkeres Durchdringen der vektoriellen Methoden erhoffen, deren Kenntnis über kurz oder lang ohne Zweifel für ebenso unerläßlich gelten wird, wie das Rechnen mit Buchstaben.

R. Grammel, Halle.

Zuschriften an die Herausgeber.

Eine weitere Erklärung zur Bildung von Haareis auf morschem Holz.

In Heft 41 des 6. Jahrgangs der „Naturwissenschaften“ (1918) beschreibt Professor Wegener (Marburg) Fälle von Haareisbildung an morschem Holz, zu deren

Erklärung er die Mitwirkung eines Pilzes heranzieht, ohne sich über den Zusammenhang im einzelnen näher auszusprechen. Nach Beobachtungen, die ich in Gemeinschaft mit meinem Kollegen, Herrn M. Schwarz, im vergangenen November in den Buchenwäldern der Umgebung Apenrades anstellen konnte, läßt sich der Vorgang wohl rein physikalisch erklären. Das am Boden liegende morsche Holz ist nach dem feuchten Herbst stark voll Wasser gesogen. Sobald die Temperatur unter 4° C. und bis zum Gefrierpunkt sinkt, sucht sich das Wasser im Holz auszudehnen und wird durch enge Öffnungen an der Oberfläche des Holzes nach außen gepreßt. Bei einer Außentemperatur unter 0° gefrieren die austretenden Wasserteilchen sofort, das nachdrängende Wasser hebt sie empor und gefriert seinerseits. Es entstehen dadurch Eishärchen vom Durchmesser der Austrittsöffnungen. Die dem Holz aufliegende Rinde wird gesprengt und in Stücken emporgehoben, ebenso etwaiger Schmutz, der auf dem Holz lagert. Bei mikroskopischer Untersuchung des Holzes erwiesen sich die Tracheen und die Tracheiden desselben noch gut erhalten. Als Austrittsöffnungen für das zur Haareisbildung führende Wasser können nach unserer Ansicht nur die an den Längswänden der Gefäße zahlreich sichtbaren Tüpfel in Betracht kommen, deren zarte Schließhäute durch den Fäulnisprozeß bereits zerstört worden sind. Die wohl in fast jedem faulenden Holz vorkommenden Pilzhyphen stehen mit der Haareisbildung in keinem unmittelbaren Zusammenhang. Im übrigen handelt es sich hier um eine Erscheinung, die sich im winterlichen Walde recht häufig beobachten läßt, wenn nach länger andauernder feuchter Witterung Frostwetter eintritt. Wir hoffen, an anderer Stelle ausführlicher über unsere Untersuchungen berichten zu können.

Flensburg, den 15. Januar 1919.

Dr. W. Emeis.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 18. Januar 1919 hielt Geheimrat A. Penck (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über die **deutsch-polnische Sprachgrenze**. Es gibt drei Typen von Sprachgrenzen, denen jedoch allen gemeinsam ist, daß sie nicht an der Erdoberfläche haften, also nicht geographischer Natur sind. Sehr scharfe Sprachgrenzen finden wir an der Grenze nach Frankreich und Italien. Nicht so scharf sind in der Natur die Sprachgrenzen zwischen verwandten Völkern, wie den Niederdeutschen und den Holländern, wenn sie auch auf der Karte als trennende Linie erscheint, die mit der politischen Grenze zusammenfällt. Die dritte Form des Überganges zweier Sprachgebiete ineinander durch Verzahnung und Durchdringung, wie sie im Osten gegen die polnische Sprache besonders ausgeprägt ist, läßt sich auf Karten viel schwieriger zum Ausdruck bringen. Denn hier ziehen sich Zungen von Deutschen bewohnten Landes in das überwiegend von Polen besiedelte. Es mengen sich vielfach deutsche und polnische Dörfer durcheinander, und es leben in demselben Dorfe Deutsche und Polen nebeneinander. Die statistische Erfassung ist keineswegs einfach, weil Muttersprache und Familien- oder Umgangssprache Begriffe sind, die sich nicht immer decken. Die polnische Schulkinderstatistik ist unzuverlässig, weil sich bei ihr ein Einfluß der Zähler und der Geistlichkeit vermuten läßt. Nur diejenige Zählmethode, bei welcher jede Person ihre Sprachzugehörigkeit selbst in die Liste einträgt, gibt eine Gewähr für die Richtig-

keit. Schwierigkeiten machen die zweisprachigen Bewohner, welche die Polen für sich in Anspruch nehmen, während die amtliche Statistik sie fortläßt oder aufteilt.

Die in vielen statistischen Karten beliebte Darstellung der Bevölkerungsverteilung nach größeren Verwaltungsbezirken, z. B. Kreisen, hat den Nachteil, daß durch die politischen Grenzen die natürlichen Zusammenhänge verwischt werden. Aber auch die Darstellung der Verteilung durch Linien gleicher Prozentzahlen kann für politische Zwecke mißbraucht werden, wofür der Atlas von Polen des Professors E. v. Romer drastische Beispiele bietet. Um daher ein absolut zuverlässiges Resultat zu erhalten, würden die Ergebnisse der Volkszählung vom 1. Dezember 1910 im Geographischen Institut der Universität Berlin durch verschiedenfarbige Punkte für jede Gemeinde in etwa 100 Blätter der Reichskarte 1:100 000 eingetragen. So ließ sich ein deutlicher Überblick über die Verteilung von Deutschen und Polen erzielen. Klar hebt sich das rein deutsche Sprachgebiet hervor, in dem man höchstens 5 % Anderssprachige findet. Seine Ostgrenze deckt sich annähernd mit der Westgrenze von Westpreußen und Posen, dann zieht sie quer durch Oberschlesien hindurch. Jedoch greift sie, namentlich in Westpreußen sowie in den westlichen Teilen Posens, allenthalben über die Grenze, während umgekehrt das gemischtsprachige Gebiet nur wenig aus den genannten Provinzen herausreicht. Es gibt eine rein deutsche Sprachinsel in Ostpreußen, die nach Westpreußen zwei Ausläufer in der Richtung auf Danzig und Graudenz erstreckt. Das ganze Mündungsgebiet der Weichsel jedoch ist rein deutsch im strengsten Sinne des Wortes. Eine zweite, wesentlich kleinere, aber immer noch 600 qkm große, rein deutsche Sprachinsel erstreckt sich zwischen Thorn und Bromberg. Diesen beiden deutschen können auf dem Boden des Deutschen Reiches nur einzelne kleine Inseln rein polnischen Gebietes mit mehr als 95 % polnischer Bevölkerung gegenübergestellt werden. Ein geschlossenes, rein polnisches Sprachgebiet, in dem Sinne, wie es ein geschlossenes deutsches, französisches, englisches oder italienisches Sprachgebiet gibt, existiert überhaupt nicht. Nie kann Polen ein reiner Nationalitätenstaat werden, wie man auch seine Grenzen ziehen möge; stets würde es Hunderttausende oder Millionen Anderssprachiger umfassen. Der überwiegende Teil der Ostmark hat sprachlich gemischte Bevölkerung. Es unterscheiden sich aber Gebiete mit überwiegend deutscher von solchen mit überwiegend polnischer Bevölkerung. Zwischen beiden verläuft nun die Linie, die im landläufigen Sinne als Sprachgrenze bezeichnet wird. Im Süden, in Oberschlesien und in dem südlichen Teile Posens zieht sie sich nicht weit von der Grenze des rein deutschen Sprachgebietes entlang; aber im Nordwesten entfernt sie sich weit von ihr: sie verläuft südlich der Netze in der Richtung auf Thorn; östlich der Weichsel hält sie sich etwa auf der Südabdachung der Seenplatte. Man kann, im überwiegend deutschen Sprachgebiete bleibend, von Berlin nach Königsberg wandern, ohne auch nur ein Dorf mit vorherrschend polnischer Bevölkerung zu berühren. Die Polen nördlich der Netze und westlich der Weichsel bilden mit den Kassuben eine Sprachinsel. Diese aber wird durchsetzt von zahlreichen deutschen Siedelungen, so daß es schwer fällt, die Grenzen überwiegend polnischer Bevölkerung festzustellen; sie bildet hier kaum die Majorität im sprachlich gemischten Gebiete.

Ist auch die Entwicklung der europäischen Groß-

staaten in dem letzten Jahrhundert auf die Herausbildung von Nationalstaaten gerichtet gewesen, so fallen doch die Grenzen der vier größten in Europa nur ausnahmsweise mit Sprachgrenzen zusammen. Alle, auch die reinsten Nationalstaaten, schließen fremde Volkselemente in sich und lassen Teile ihrer eigenen Nation draußen. Die Sprache allein entscheidet eben nicht über staatliche Zugehörigkeit. Das Selbstbestimmungsrecht der Völker wird auch durch wirtschaftliche oder historische Momente beeinflußt. Weder die deutschen noch die französischen Schweizer wünschen den Anschluß an ihre Sprachgenossen im Deutschen Reich oder in Frankreich. Die polnisch redenden Masuren Ostpreußens sind durch ihre evangelische Konfession verknüpft mit den Deutschen Ostpreußens, und wirtschaftliche Bande stärkster Art ketten die Polen Oberschlesiens an das Deutsche Reich. Die Polen Westpreußens links der Weichsel fallen überhaupt nicht in das zusammenhängende überwiegend polnische Sprachgebiet hinein. Gleiches gilt von den meisten im Regierungsbezirk Bromberg. Wenn bei den Polen des Regierungsbezirkes Posen augenblicklich der Wunsch nach Anschluß an eine Republik Polen sehr lebhaft ist, so darf nicht vergessen werden, daß genau ein Drittel der Bevölkerung jenes Regierungsbezirkes deutsch ist. Wenn endlich polnische Geographen und Politiker schon während des Krieges von einem Großpolen gesprochen haben, das auch die sechs preußischen Regierungsbezirke mit ansehnlicher polnischer Bevölkerung einschließen soll, so bedeutet dies den Wunsch des Anschlusses von etwas über 3 Millionen Polen und einer fast gleich großen Zahl von Deutschen, also eine gräßliche Verletzung des Selbstbestimmungsrechts der letzteren.

O. B.

Deutsche ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 2. Januar 1919 sprach Herr von Falz-Fein über die Vogelwelt in Taurien. Taurien ist eine fast baumlose Steppe, in der Ascania Nova, der Besitz des Vortragenden, mit dem 50 ha umfassenden Park und den künstlich angelegten Teichen gewissermaßen eine Oase bildet, die von zahlreichen Brut- und Zugvögeln bevölkert ist. Von den hier vorkommenden 254 Vogelarten sind 102 Brutvögel und 152 Durchzügler. Unter den Singvögeln sind rotsterniges Blaukehlchen, Sprosser, Nachtigal, Goldhähnchen, Meisen mit Ausnahme der Sumpfmeise, die gänzlich fehlt, Haubenlerche, Kalanderlerche, Steppenlerche, Schneeammer und Leinfink regelmäßige und zahlreiche Durchzügler. Die Kalanderlerche brütet auch in Ascania Nova. Herrn von Falz-Fein ist es gelungen, die Nachtigal und den Buchfinken als Brutvögel in seinem Park einzubürgern, indem er im Frühjahr eine Anzahl durchziehender Exemplare durch Beschneiden der Handschwingen am Weiterziehen verhinderte. Diese Vögel brüteten dann in Ascania Nova und ihre Jungen siedelten sich im folgenden Jahre hier an. Die durch den Ringversuch festgestellte Erscheinung, daß viele Zugvögel zur Fortpflanzung nach ihrem Geburtsort zurückkehren, erfährt hierdurch eine neue Bestätigung. — Die Mohrenlerche, die früher auf dem Zuge zahlreich in Taurien auftrat, ist jetzt sehr selten geworden, auch die Haubenlerche ist im Abnehmen begriffen. Steppenlerche und Schneeammer treffen regelmäßig in großen Mengen vor starken Nordostwinden ein, was auf eine südwestliche Zugrichtung hindeutet.

Der Fichtenkreuzschnabel erscheint nur im Sommer als Zugvogel. Blaurake, Bienenfresser, Wiedehopf und

Kolkrabe sind in Ascania Nova ständige Brutvögel. Von den Raubvögeln brüten Steppenadler, Rötelfalk, Turmfalk, Abendfalk, Uhu, Waldohreule, Sumpfohreule, Steinkauz und Schleiereule. Der Sperber tritt im Winter in großer Menge als Zugvogel auf, auch Wanderfalk, Baumfalk und Würgerfalk sowie Schreiadler, Seeadler, Steppenadler, Fischadler, Zwergadler, Wespenbussard, Mäuse- und Raufußbussard erscheinen als Wintergäste. Großtrappen ziehen viel durch Taurien nach der Krim. Bei schlechter Witterung setzen sie ihren Zug südwärts über das Meer fort. Häufig werden zahlreiche tote Trappen an den Küsten der Krim angeschwemmt, die offenbar auf ihrer Wanderung über das Meer umgekommen sind. Zwergtrappe, Jungfernkranich, Gold- und Mornellregenpfeifer sowie Stelzenläufer und Säbler nisten in Ascania Nova. Strandläufer, Schwimm- und Tauchenten, Gänse, Schwäne, Seeschwalben, Möwen, Pelikan und Taucher, sogar der Polartaucher erscheinen regelmäßig auf dem Zuge. So bildet Ascania Nova in Taurien dank der überaus günstigen Bedingungen, die Herr von Falz-Fein durch die Anlage des Parks und der Gewässer selbst geschaffen hat, ein wahres Vogelparadies, das für faunistische und phänologische Forschung von größter Bedeutung ist.

Geheimrat Dr. Reichenow legte den Balg eines von Dr. Heinroth in der Südsee gesammelten neuen Sturmvogels vor und benannte ihn zu Ehren des Forschers Puffinus heinrothi. Friedrich von Lucanus, Berlin.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Speisung einphasiger Stromverbraucher aus Drehstromnetzen. Im Anschluß an einen Vortrag von Prof. Miles Walker wurden in einer Sitzung der Institution of Electrical Engineers in London die Vor- und Nachteile des einphasigen Lichtbogenofens für Elektrostahlanlagen erörtert¹⁾.

Als Vorzüge des einphasigen Ofens erwähnt Walker die geringere Anzahl von Elektroden, die geringere Kurzschlußgefahr und die dadurch bedingte Möglichkeit, höhere Spannungen und geringere Stromstärken zu verwenden. Hieraus ergeben sich geringere Leitungsquerschnitte und kleinere Elektroden sowie geringerer Elektrodenverbrauch. Der annähernd kreisförmige Herd bietet den Vorteil möglichst geringer Strahlungsverluste. Von verschiedenen Diskussionsrednern wurden diese Vorteile bestritten.

Der Vortrag selbst befaßte sich eingehender mit der allgemeinen Frage der Speisung eines einphasigen Stromverbrauchers aus einem dreiphasigen Netz. Die in Deutschland wohl am häufigsten verwendete Lösung dieser Aufgabe, die Verwendung eines Motorgenerators, besitzt den Nachteil geringen Wirkungsgrades. Walker schlägt einen synchronen Umformer vor mit einem einzigen, mit Dämpferwicklung versehenen rotierenden Feldmagneten und einem Ständer mit doppelter Wicklung. Die dreiphasige Wicklung (Motorwicklung) liegt in Nuten, die unmittelbar am Luftspalt angeordnet sind, die einphasige Generatorwicklung in größerer Tiefe im Eisenkern. Die Einphasenwicklung besitzt daher große Streuung, was für den Betrieb des Stahlens vorteilhaft ist, da dieser angeblich am günstigsten mit einem Leistungsfaktor von 0,7 arbeitet, also mit einem gegen die Spannung um ca. 45° verschobenen

Strom. Für die Stabilisierung des Betriebes ist eine so große Phasenverschiebung gewiß zweckmäßig. Es erscheint aber fraglich, ob es nicht vorteilhafter ist, gewöhnliche Maschinen zu verwenden und die Stabilisierung durch eine genügend große Drosselspule zu erreichen. Um so mehr, als der Walkersche Umformer eine ziemlich verwickelte Bauart erhält durch eine die Streupfade der Einphasenwicklung umfassende Kompensationswicklung, die die Rückwirkung auf die Drehstromwicklung aufheben soll. Im Einzelfalle muß eine Rentabilitätsrechnung entscheiden, welches die günstigste Anordnung ist.

An und für sich ist die Frage des Ersatzes des Motorgenerators für Phasenumformung durch eine Maschine mit nur einem rotierenden Feldsystem auch namentlich mit Rücksicht auf die Erfordernisse des Einphasen-Bahnbetriebes durchaus aktuell. Sie wird auch von den verschiedensten Seiten bearbeitet. Versuche in größerem Maßstabe sind bei uns wohl nur durch die politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse der letzten Jahre nicht so gefördert worden, wie es die Bedeutung der Frage verlangt. Die den Gegenstand behandelnde Patentliteratur läßt aber darauf schließen, daß insbesondere für den Fall der gleichzeitigen Phasen- und Frequenzumformung verschiedene Lösungen demnächst in praktische Erscheinung treten werden.

Aus der Diskussion des Vortrages ist noch ein Vorschlag erwähnenswert, nach dem der einphasige Stromverbraucher zwischen eine Phase und den geretzten Neutralpunkt des Drehstromgenerators gelegt wird, in Reihe mit der Primärwicklung eines Transformators mit dem Übersetzungsverhältnis 1:1. Die Sekundärwicklung des Transformators liegt zwischen den beiden anderen Phasen. Bei dieser Anordnung sind die Ströme in den drei Phasen des Generators zwar einander gleich, aber der Strom in der Sekundärwicklung des Transformators ist um 90° gegen die verkettete Phasenspannung verschoben und verursacht daher unsymmetrische Spannungsabfälle in den drei Generatorphasen. Die Aufgabe, mittels eines stationären Apparates einem Drehstromsystem einen einphasigen Strom so zu entnehmen, daß die Ströme und Spannungen im Drehstromsystem symmetrisch bleiben und keine übermäßigen Phasenverschiebungen aufweisen, ist überhaupt unlösbar, wie eine einfache physikalische Überlegung zeigt. Trotzdem treten immer wieder von neuem Vorschläge zur Lösung dieses Problems an die Öffentlichkeit.

Bemerkenswert ist ferner eine Äußerung W. M. Mordeys, der auf die große praktische Bedeutung der behandelten Frage hinweist, weil er mit Rücksicht auf den bevorstehenden Ersatz des Nietens durch die elektrische Schweißung einen Verbrauch elektrischer Energie erwartet, der in den Eisendistrikten Englands den für motorische Zwecke übersteigt. Mordey denkt dabei anscheinend an die Schweißung nach dem Widerstandsverfahren. Die bisherigen Erfahrungen scheinen aber, soweit es sich um Anwendungen im Schiffbau und in Eisenkonstruktionswerkstätten handelt, eher eine bedeutende Entwicklung der mit Gleichstrom arbeitenden Lichtbogenschweißverfahren voraussehen zu lassen.

N.
Die Fabrikation von Papierteig aus dürrum Laub (K. Bramson. — *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 166, 1918). — Totes Laub bildet einen im Lande in überreichlichen Mengen vorhandenen Ersatz für Papierrohmaterial. Das Einsammeln kann von Frauen, Kindern und Kriegsverstümmelten besorgt werden. Die Blätter können das

¹⁾ London Electrician 1918, S. 682 und 710.

ganze Jahr verwendet werden, so daß man sie nicht einzulagern braucht. Der Transport erfolgt in gepreßten Ballen. Das Verfahren ist sehr einfach: Die Blätter werden zuerst gequetscht und dann in zwei Anteile getrennt, einerseits die Nerven, andererseits die zu Pulver zerfallene Blattfläche. Erstere werden nun nur noch ausgelaugt, gewaschen und gebleicht und sind fertig zur Verarbeitung. Das Pulver kann auf Brennmaterial oder Viehfutter verarbeitet werden. Im ersten Falle wird es entweder zu Briketts gepreßt oder einer trockenen Destillation unterworfen. (1000 kg Blätter geben: 250 kg Papierteig, 200 kg ziemlich reine, hochwertige Kohle [6500—7000 c.], 30 kg Teer und 1 l rohen Holzeßigs.) Im zweiten Falle wird es am besten mit Melasse gemischt (500 kg Viehfutter aus 1000 kg Laub). Eine Störung des Ernährungsgleichgewichts der Wälder ist durch das Wegnehmen des Laubes nicht zu befürchten, denn in Frankreich z. B. würden vier von 30—35 Millionen Tonnen Laub, die jährlich gebildet werden, genügen, um den gesamten Papierbedarf des Landes zu decken. E. Rudin.

Der schnellste Fixstern, wenigstens was seine Winkelbewegung am Himmel betrifft, wurde vor ein paar Jahren von *Barnard* im Sternbilde des Ophiuchus in der Milchstraße nahe bei dem Stern 66 bemerkt. Der rötliche Stern 9. Größe ist inzwischen auf der russischen Hauptsternwarte in Pulkowo von Dr. S. *Kostinsky* genau untersucht worden (Astronomische Nachrichten 208, 36). Danach haben wir es mit einem uns nahe benachbarten Himmelskörper zu tun. Die Parallaxe fand sich zu 0,622'', d. h. die Entfernung zu 5,1 Lichtjahren bzw. rund 50 Billionen Kilometer. Dieser Wert zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit dem früheren Ergebnis von *H. N. Russell*, der eine Parallaxe von 0,70'' gefunden hatte. Die Eigenbewegung beträgt 10,27'' im Jahre und ist nahezu nach Norden gerichtet. Der Stern legt also schon in sechs Jahren einen Winkel zurück, der für das unbewaffnete Auge gerade abschätzbar wird. Da der Stern uns jedoch sehr nahe steht, so ist die lineare Geschwindigkeit garnicht ungewöhnlich. Die zweitgrößte Eigenbewegung besitzt der Stern C. Z. 5b 243 in der Malerwerkstatt am Südhimmel mit 8,71'', dann folgt der schon länger bekannte Stern Groombr. 1830 im Großen Bären mit 7,06''. Hinsichtlich seiner Entfernung von uns mit 5,1 Lichtjahren ist der Stern der zweitnächste. Nur α Centauri und sein allerdings 10 000 Erdbahnhalmes von ihm entfernter Begleiter am Südhimmel übertrifft ihn, da er nur 4,3 Lichtjahre von uns entfernt ist. Zusammenfassend kann man sagen, daß auch dieser Stern den kürzlich von *Wirtz-Hügeler* gefundenen Satz bestätigt, daß die raschlaufenden schwachen Sterne die nächste Nachbarschaft unseres Sonnensystems bilden. H. H. Kritzinger.

Ein neues Solarkonstanten-Observatorium. Der Nature zufolge hat die Smithsonian-Institution in Calama in Chile (22° südl. Br.) eine Station errichtet, um die scheinbaren Änderungen der Sonnenstrahlung weiter zu erforschen, denen C. G. *Abbot* besondere Aufmerksamkeit gewidmet hat. Sie liegt 2250 m über dem Meere und ist mehrjährigen Aufzeichnungen nach der wolkenloseste Beobachtungsort der Erde. In den Jahren 1913 bis 1914 waren völlig wolkenlos um 7 Uhr vormittags durchschnittlich 228 Tage, um 2 Uhr nachmittags 206 Tage und um 9 Uhr nachmittags 299 Tage, völlig bewölkt kein einziger Tag. Der Niederschlag ist Null und die Temperatur selten unter 0° oder über 25° C. Die Beobachtungsbedingungen erscheinen danach für die beabsichtigte Arbeit äußerst günstig.

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß höherer Temperaturen auf Morphologie und Cytologie der Algen. (*Otto Hartmann*, Arch. f. Entw.-Mech. d. Organismen Bd. 44, Heft 3/4, mit 3 Tafeln und 2 Textabbildungen, S. 590—642.) Die experimentelle Beeinflussung von Gestalt, Wachstum, feiner cytologischer Struktur durch höhere Temperatur wird untersucht und zellphysiologisch analysiert auf Grund der allgemeinen physiologischen Temperaturwirkung auf den Plasma-stoffwechsel und die Stoffwechselökonomie besonders der grünen Pflanzen. Auf Grund des experimentellen Verhaltens der Zellbestandteile gelingt es, Aufschlüsse über deren physiologische Funktion sowie auch z. B. über den Mechanismus des Zellmembranwachstums zu erhalten. Sämtliche Veränderungen und Vorgänge lassen sich verstehen, wenn man von der Tatsache der Verschiebung des Stoffwechselquotienten zugunsten der Dissimilation ausgeht. So erklären sich: starkes Streckungswachstum durch den osmotischen Druck zunehmenden Zellsaftes, Abnahme des Plasmas, völliges Schwinden der Stärke der Chromatophoren infolge gesteigerten Verbrauches und relativ oder absolut geringerer Produktion bei höherer Temperatur und viele andere cytologische Erscheinungen. Hervorzuheben ist noch die Kernverkleinerung und eine oft sehr starke Chromatinausstoßung in das Plasma. Untersucht werden neben Vertretern der *Bacillariaceen*, *Confervoiden*, *Siphonaceen*, *Protococcaceen* und *Cyanophyceen* (welch letztere wegen der eigenartigen Beschaffenheit der Zellen besonderes Interesse beanspruchen, jedoch hier nicht näher behandelt werden können) vor allem verschiedene *Spirogyra*-Arten. Durch starkes Zellwachstum und damit einhergehende Geradstreckung der Chromatophoren nehmen die Fäden so verschiedenes Aussehen an, daß man sie als einer anderen Art, ja Untergattung angehörig ansehen würde. Den Schluß der reich mit Zeichnungen und Mikrophotographien ausgestatteten Arbeit bildet eine Zusammenfassung der Ergebnisse nach cytologisch-physiologischen Gesichtspunkten sowie ein reiches Literaturverzeichnis.

Autoreferat.

Narkose und Sauerstoffdruck. Die Vorstellung, daß die Narkose eine besondere Form der Erstickung sei, daß die Verminderung des Umfanges der Oxydationen, die man bei tiefer Narkose stets findet, der wesentlichste Punkt der Wirkung der Narkotika sei, ist mehrfach vertreten, aber — besonders in neuerer Zeit — stark bestritten worden. Die Tatsache, daß man durch Blausäurevergiftung die Oxydationen so stark einschränken kann, wie sie es bei tiefer Narkose sind, und daß die Tiere dabei trotzdem nicht narkotisiert werden, sprach gegen eine unmittelbare Beziehung der Verminderung des Sauerstoffverbrauches zur Narkose. Jetzt berichtet *Isschutz* (Biochem. Zeitschr. Bd. 88, 1918, S. 219—231), daß es gelingt, den Sauerstoffverbrauch von Kaulquappen durch Erhöhung des Sauerstoffdruckes erheblich zu steigern, und diese Tiere dann zu narkotisieren. Dabei ergibt sich, daß die Herabsetzung des Sauerstoffverbrauches in der Narkose (die schon durch die Abnahme bzw. das Aufhören der Bewegungen der Tiere vollauf erklärt ist) geringer ist, als die Steigerung des Sauerstoffverbrauches durch die Erhöhung des Sauerstoffdruckes, so daß die in sauerstoffreichem Wasser tief narkotisierten Kaulquappen weit mehr Sauerstoff verbrauchen, als die normalen munteren Tiere bei gewöhnlichem Sauerstoffdruck. Die Erstickungstheorie der Narkose ist danach nicht mehr aufrecht zu erhalten. P.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften.

17. Oktober. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr Planck.

Herr Einstein legte eine Arbeit des Herrn Prof. Dr. Leon Lichtenstein in Berlin vor: Über einige Eigenschaften der Gleichgewichtsfiguren rotierender homogener Flüssigkeiten, deren Teilchen einander nach dem Newtonschen Gesetz anziehen. (Ersch. später.) In der vorliegenden Arbeit werden einige allgemeine Sätze über die Gleichgewichtsfiguren rotierender homogener Flüssigkeiten, deren Teilchen einander nach dem Newtonschen Gesetz anziehen, abgeleitet. Es wird insbesondere gezeigt, daß jede Gleichgewichtsfigur eine auf der Rotationsachse senkrechte Symmetrieebene hat. Die Winkelgeschwindigkeit kann die von Poincaré angegebene Schranke $\sqrt{2\pi\kappa f}$, unter κ die Gaußsche Gravitationskonstante, unter f die Dichte verstanden, nicht erreichen. Diese Eigenschaft gilt auch dann, wenn angenommen wird, daß die Flüssigkeit den Zugspannungen widerstehen kann.

Herr Einstein überreichte ferner eine Mitteilung der Herren Prof. M. Born und A. Landé in Berlin: Über die absolute Berechnung der Kristalleigenschaften mit Hilfe Bohrscher Atommodelle. (Ersch. später.) Bohrsche Ionenringssysteme im regulären Kristallverband liefern außer der Coulombschen Anziehungskraft eine mit der (-6 ten Potenz des Gitterabstandes abnehmende) Abstoßungskraft. Daraus berechnen sich die Gitterabstände der Kristalle vom NaCl-Typus im Einklang mit der Erfahrung.

Zu wissenschaftlichen Unternehmungen haben bewilligt: die physikalisch-mathematische Klasse für die von den kartellierten deutschen Akademien unternommene Expedition nach Teneriffa zum Zweck von lichtelektrischen Spektraluntersuchungen als fünfte Rate 667 M.; Herrn Prof. Dr. Friedrich Dahl in Berlin zur Erforschung der Spinnenfauna des südöstlichen Teils der Provinz Schlesien 500 M.; Herrn Prof. Dr. Arrien Johnsen in Kiel zur Beschaffung einer Gaedeschen Quecksilberluftpumpe behufs Ausführung kristallographischer Untersuchungen 2000 M.; Herrn Prof. Dr. Adolf Schmidt in Potsdam zur Fortführung seines „Archivs des Erdmagnetismus“ 2650 M.

24. Oktober. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr Planck.

1. Herr Beckmann sprach über die Beschaffung der Kohlehydrate im Kriege. Die wirksamste Abhilfe erfolgt durch die Aufschließung von Stroh. Der Vortragende gibt einen Überblick über die bisherigen Verfahren der Strohaufschließung und macht dann Mitteilung über ein von ihm selbst ausgearbeitetes Verfahren, welches allgemeiner anwendbar ist, geringere Kosten verursacht und besseres Futter liefert.

2. Herr Gustav Müller überreichte Band 1 des von ihm und E. Hartwig verfaßten Werkes: Geschichte und Literatur des Lichtwechsels der bis Ende 1915 als sicher veränderlich anerkannten Sterne (Leipzig 1918).

31. Oktober. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr Planck.

Herr Rubens las über die Energiequellen der Erde. Die auf der Erde vorhandenen Energievorräte und Energiequellen mechanischer, thermischer und chemischer Art wurden zusammengestellt und auf ihre Ergiebigkeit und technische Verwendbarkeit geprüft. Besonders eingehend wurde die der Erde durch die Sonnenstrahlung zugeführte Energie untersucht und der Einfluß neu berechnet, welchen die Kohlensäure und der Wasserdampf der Atmosphäre durch die Strahlungsabsorption auf die mittlere Temperatur der Erdoberfläche ausüben.

7. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr Planck.

Herr Correns berichtet über die Fortsetzung der Versuche zur experimentellen Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses. (Erscheint später.) Im Anschluß an eine frühere Mitteilung über die experimentelle Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses bei *Meandrium* wird das Endergebnis der Bestäubungsversuche mit sehr viel und mit wenig Pollen mitgeteilt, ferner neue Versuche über die Wirkung von mäßig viel Pollen und über den Zusammenhang, der zwischen der Stellung der Samenanlagen im Fruchtknoten und dem Geschlecht der daraus hervorgehenden Samen besteht. Die Ergebnisse bestätigen die früher gemachte Annahme vom Vorhandensein von zweierlei Pollenkörnern, Männchenbestimmern und Weibchenbestimmern, die verschieden rasch die Befruchtung ausführen.

21. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr Planck.

Herr v. Waldeyer-Hartz sprach über Schmerz empfindende Nerven. Die Frage, welche Nerven die Schmerzempfindung beherrschen, wird verschieden beantwortet. Von der einen Seite, v. Frey, Thunberg u. a., werden besondere Schmerznerven angenommen, nach Goldscheider, H. Munk, Richet u. a. sollen die Nerven, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen der Berührungs-, Druck-, Tast- und Temperaturempfindung dienen, bei Überreizungen oder, wenn sie durch irgendwelche, namentlich pathologische Einflüsse in einen Zustand der Überempfindlichkeit versetzt sind, auch bei gewöhnlichen Reizungen Schmerz empfinden. Diese Auffassung wird vertreten und näher begründet, namentlich mit Rücksicht auf die Schmerzempfindlichkeit der Eingeweide.

28. November. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr Planck.

Herr Fischer las über die Synthese von Depsiden, Flechtenstoffen und Gerbstoffen. II. Er gab eine Übersicht über die Resultate, die er und seine Mitarbeiter auf diesem Gebiete seit seinem zusammenfassenden Vortrag auf der Naturforscherversammlung zu Wien im September 1913 erhielten.

5. Dezember. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr Planck.

Herr M. Planck überreichte eine Mitteilung: „Zur Quantelung des asymmetrischen Kreisels“. Die für die Bewegungen des asymmetrischen Kreisels von F. Reiche nach einem von Kolossoff angegebenen Verfahren unter einer einschränkenden Voraussetzung berechneten Quantenfunktionen werden unabhängig von dieser Voraussetzung abgeleitet und die Übereinstimmung der Resultate mit der Adiabatenhypothese von F. Ehrenfest durch direkte Rechnung nachgewiesen.

19. Dezember. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr Planck.

Herr Warburg legt eine Mitteilung vor: Über den Energieumsatz bei photochemischen Vorgängen. VIII. Die Photolyse wässriger Lösungen und das photochemische Äquivalentgesetz. Bei der Photolyse wässriger Lösungen von Nitraten der Alkalien und alkalischen Erden entsteht Nitrit. Die spezifische photochemische Wirkung bezüglich dieses Produkts ist bedeutend größer in schwach alkalischen als in schwach sauren Lösungen, nimmt mit wachsender Konzentration des Nitrats zu und ist im Widerspruch zu dem Einsteinschen Äquivalentgesetz größer für kürzere als für längere Wellen.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 9.

28. Februar 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Funktionelle Anpassung. Von *Prof. Dr. Leon Asher, Bern*. S. 129.

Vom mechanischen Aether zur elektrischen Materie. Von *Prof. Dr. M. Born, Berlin*. S. 136.

Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage. Von *Prof. Dr. Othenio Abel, Wien*. (Schluß). S. 141.

Besprechungen:

Wiedemann, E., und F. Hauser, Uhr des

Archimedes und zwei andere Vorrichtungen. Von *H. Kienle, München*. S. 146.

Zuschriften an die Herausgeber:

Lichtmessungen an Planetenscheiben. Von *J. Hartmann, Göttingen*. S. 147.

Berichtigung zum Dialog über die Relativitätstheorien. Von *E. Gehrcke, Berlin-Lichterfelde*. S. 147.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen):

Annalen der Physik, 1918, Nr. 1 bis 5. S. 148.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheisswerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung
der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050–53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Demnächst erscheint:

Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie

Vierte Auflage

Die Literatur bis 1. Januar 1910 umfassend

Herausgegeben von der

Deutschen Chemischen Gesellschaft

Bearbeitet von

Bernhard Prager und Paul Jacobson

unter ständiger Mitwirkung von Paul Schmidt und Dora Stern

I. Band

Leitsätze für die systematische Anordnung

Acyclische Kohlenwasserstoffe, Oxy- und Oxo-Verbindungen

938 Seiten. Preis M. 60.—. (Einbanddecke hierzu M. 13.—.)

Das Beilsteinsche Handbuch ist weltbekannt als **unentbehrlicher Ratgeber** für jede wissenschaftliche oder technische Arbeit, die auf dem Gebiete der organischen Chemie auszuführen ist. Es bringt eine systematisch geordnete Zusammenstellung aller organischen Verbindungen, innerhalb deren man für jeden einzelnen Stoff bequem die wichtigsten Angaben über Bildung, Eigenschaften und Verhalten und einen möglichst vollständigen Literaturnachweis findet.

Auf die Vollständigkeit der Literaturnachweise ist bei der **vierten Auflage**, die von der **Deutschen Chemischen Gesellschaft** herausgegeben wird, noch weit mehr Wert gelegt worden, als bei den früheren. Die Artikel über die wichtigsten Verbindungen, die für das tägliche Leben, für die Technik, die Heilkunde, die Physiologie besondere Bedeutung besitzen, haben eine vollkommene Neubearbeitung und wesentliche Erweiterung im Hinblick auf die Grenzgebiete erfahren. Die vielfach fehlerhaften Angaben der dritten Auflage sind richtiggestellt worden. Die Mängel der bisherigen Anordnung, die von dem Begründer des Werkes aus der ersten Auflage bis in die dritte beibehalten werden mußte, sind durch Aufstellung eines neuen Systems und Umordnung des gesamten Materials in fünfjähriger Arbeit behoben worden.

Die weiteren Bände sollen baldmöglichst folgen. Da das gesamte Material in zehnjähriger Vorbereitungszeit gesammelt und geordnet ist, darf mit einem stetigen Fortschritt der Drucklegung gerechnet werden.

Jedem Band wird ein ausführliches alphabetisches Register beigegeben; diese Bandregister sollen zum Schluß in einem Gesamtregister vereinigt werden.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

28. Februar 1919.

Heft 9.

Funktionelle Anpassung.

Von Prof. Dr. Leon Asher, Bern.

Unter den Begriffen, mit denen die Biologie arbeitet und durch welche sie glaubt, ganze Bereiche von Lebenserscheinungen erklären zu können, spielt die Anpassung eine bevorzugte Rolle. Geradezu populär ist der Begriff Anpassung dadurch geworden, daß die in der Biologie eine Zeitlang vorherrschende morphologische Richtung in weitgehendem Umfange von dem Begriffe Anpassung Gebrauch machte, um die Lebenserscheinungen nach den Lehrmeinungen der Deszendenztheorie zu verstehen. Aus der Morphologie geboren, diente daher die Anpassung in erster Linie dazu, das Entstehen morphologischer Strukturen, des äußeren Aussehens der Tiere, der Dimensionen einzelner Organe und ähnliches zu erklären. Betrachtet man aber diese Erklärungsversuche etwas näher und mit einiger Kritik, so erscheinen sie häufig als nichts anderes als eine Umschreibung beobachtbarer Tatbestände. Gleich zu Anfang sieht man sich vor eine große Schwierigkeit gestellt, was eigentlich als das Wesentliche an der Anpassung angesehen werden soll; die Anpassung kann einmal darin bestehen, daß durch Außenbedingungen Veränderungen erzwungen worden sind, welche zu dem Resultat geführt haben, daß schließlich ein ganzer tierischer Organismus oder einzelne Teile desselben den Außenbedingungen, was seine Formen betrifft, angepaßt sind, andererseits kann die Anpassung darin bestehen, daß die Organismen in sich die schlummernden, aber in geeigneten Momenten erweckbaren Möglichkeiten besitzen, ihre gewohnte Reaktionsweise abzuändern und dadurch neuen Bedingungen angepaßt zu werden. Diese mehr nach der dynamischen Seite gerichtete Definition der Anpassung ist offenbar die weiter blickende und mehr unseren Erklärungsbedürfnissen entgegenkommende. Diese Art Anpassung kann als übereinstimmend oder mindestens nahe verwandt mit dem betrachtet werden, was Wilhelm Roux¹⁾ als *Selbstregulation* bezeichnet, in welcher er eine allgemeine Eigenschaft der Lebewesen erkennt, und zwar eine solche, welche die Lebewesen in besonders hohem Maße von den anorganischen Gebilden unterscheidet. Diese Art der Auffassung führt die Betrachtung des Begriffes der Anpassung heraus aus morphologischem Gebiete, hinüber in das Studium des funktionellen

Geschehens. Es ist einleuchtend, daß das Wesentliche an der Anpassung uns deutlicher vor Augen treten sollte, wenn wir einen Einblick in die Geschehnisse zu gewinnen versuchen, welche beim funktionellen Getriebe des lebendigen Organismus sich abspielen.

Der Organismus ist fortwährenden Veränderungen ausgesetzt; auch da, wo oberflächlicher Betrachtung stets Gleichförmigkeit vorzuliegen scheint, erschließt sich der schärferen Beobachtung ein unaufhörlicher hin und her pulsierender Wechsel. Die Einstellung des Lebendigen auf die fortwährend einströmenden Wechselfälle seiner Umwelt, aber auch auf diejenigen seiner Innenwelt, ist für den Erforscher der Funktion die *Elementarerscheinung der Anpassung*. Weil dies so ist, muß äußerste Kritik vorwalten, wenn man eine beobachtbare Erscheinung als Anpassungserscheinung bezeichnen will. Hierüber muß volle Klarheit herrschen, ehe man an das tiefere Problem herangehen kann, welches denn der sogenannte Mechanismus sei, durch den sich die Anpassung vollzieht. Für den Beobachter wirkt in ihrem Endeffekte, der Erhaltung des geregelten Ablaufes der Lebensvorgänge unter allen Umständen, gleich mit der Anpassung eine ganz andere Eigenschaft, die wir mit *Henderson*¹⁾ als *Eignung* bezeichnen wollen. Während die Anpassung ganz innerlich ist, geknüpft an das Walten der lebendigen Substanz, ist die Eignung ganz äußerlich. Eine Reihe von Lebenserscheinungen sind beispielsweise geknüpft an die höchst eigenartigen Eigenschaften des Wassers oder der Karbonate, Eigenschaften, die zu sehr bemerkenswerten Regulationen im tierischen Organismus führen, aber diese für die Selbsterhaltung höchst notwendigen Regulationen haben nichts mit der lebendigen Substanz zu tun und sind daher auch nach Vernichtung oder völliger Abwesenheit derselben als wirksame Faktoren feststellbar.

Es wird gut sein, für den Augenblick die allgemeinen Betrachtungen der Anpassung abubrechen, um durch ein Studium einzelner, nicht ohne Absicht ausgewählter Beispiele einen Einblick in die Tatsachen experimentell beobachtbarer funktioneller Anpassung zu gewinnen. Die reichste Quelle für Material an experimentell beobachtbaren Tatsachen der Anpassung liefert uns der

¹⁾ Wilhelm Roux, Allgemeine Biologie, Das Wesen des Lebens aus Kultur der Gegenwart. Teil III, Abt. IV, Bd. I. Leipzig, B. G. Teubner, 1915.

¹⁾ L. J. Henderson, Die Umwelt des Lebens. Wiesbaden, I. F. Bergmann, 1914.

Gesamtorganismus in seinem Aufbau aus zusammenwirkenden Teilen, die sich *gegenseitig* anpassen müssen, in seinem Widerspiel gegen die wechselnden Einflüsse der ihn umgebenden Umwelt. Weit wichtiger aber für eine Analyse, die zu den Elementen vordringen will, ist der Umstand, daß, wie sich vollwertige Lebensäußerungen an vom Gesamtverband des Organismus losgelöst, künstlich überlebend gehaltenen Organen beobachten lassen, so auch solche Erscheinungen, die symptomatisch als Anpassung bezeichnet werden müssen.

Die Funktion des Herzens, als Pumpwerk des Kreislaufs zu dienen, läßt sich am isolierten Kaltblüter- und Warmblüterherzen durch passende Anordnungen in einer Art und Weise studieren, daß fast jede Einzelheit des wunderbaren Mechanismus naturgetreu zum Ausdruck gebracht werden kann. Nun unterliegt das Herz im Organismus sehr wechselnden Bedingungen; eine der wichtigsten unter diesen ist wechselnde Füllung. Wenn ein Mensch oder ein Tier größere Muskeltätigkeit zu leisten hat, so bedürfen die arbeitenden Muskeln in der Zeiteinheit einer vielfach größeren Menge Blutes als im Zustande der Ruhe; dies wird dadurch erreicht, daß in der Minute das vom Herzen ausgeworfene Volumen Blut sich vervielfacht, denn es können anstatt 3 bis zu 21 l Blut vom Herzen ausgeworfen werden. Es ist klar, daß das Herz sich einer derartig veränderten Sachlage gegenüber anpassen muß. Diese Anpassung ist eine Erscheinung, die sich recht gut am isolierten Herzen beobachten läßt, denn wie *Otto Frank* vor Jahren schon zeigen konnte, paßt sich das isolierte Kaltblüterherz wachsender Füllung an, indem es bei Vermehrung der Füllung eine größere Spannung entwickelt, ein Zuwachs, welcher den erhöhten Anforderungen an die Triebkraft zugute kommt. Nicht allein durch Messung der entwickelten Spannung, sondern auch durch Ermittlung des ausgeworfenen Volumens läßt sich die Anpassung an vermehrte Füllung nachweisen. Im Organismus hat das Herz wechselnde Drucke zu überwinden; die Anpassung an diese Variable ließ sich gleichfalls am isolierten Kaltblüterherzen zur Anschauung bringen, indem bei steigendem Druck das Herz sowohl selbst größeren Druck entwickelt wie auch innerhalb weiter Grenzen sein Schlagvolumen konstant erhält. In neuerer Zeit hat *H. Straub* die von *Otto Frank* am Kaltblüterherzen gefundenen Regeln der Anpassung vollinhaltlich am isolierten, überlebenden Säugetierherzen unter Anwendung des Herz-Lungen-Kreislaufs nach *Starling* bestätigen können. In der Zurückführung dieser für den Gesamtorganismus so bedeutungsvollen Anpassungen auf letzte Elemente können wir noch weiter gehen als bis auf das isolierte Organ, indem uns der Versuch einer tiefer gehenden Analyse dazu nötigt, diejenige Variable aufzufinden, von welcher wir die in den Anpassungserscheinungen auftretenden Veränderungen abhängig sein lassen wollen. *Blix*

und *Frank* haben den Vorschlag gemacht, die *Länge der Muskelfaser als die unabhängige Variable* einzuführen; tatsächlich haben auch alle nachfolgenden Beobachtungen die Übereinstimmung der Tatsache mit dieser Annahme und zugleich deren Zweckmäßigkeit ergeben.

Deshalb kann man den Satz aussprechen: Die Spannung, welche die Herzmuskelfaser bei unveränderter Lage erreicht, die Größe der Verkürzung, zu welcher sie bei gleichbleibendem Drucke gelangt, ist eine Funktion der Ausgangslänge der Herzmuskelfaser. Durch diese Betrachtungsweise ist der hier beschriebene Anpassungsvorgang zurückgeführt worden auf den gleichen Funktionsbegriff, mit dem wir in der Physik der unbelebten Natur zu arbeiten gewohnt sind. Diese Zurückführung auf den uns geläufigen Funktionsbegriff läßt die Frage entstehen, ob nicht hiermit der ganze biologische *Begriff der Anpassung* sich verflüchtigt und, wenigstens in dem gewählten Beispiel, vollständig in dem einfacheren *Funktionsbegriff* aufgeht. Da wir bestrebt sind, die Lebensvorgänge durch die gleichen Anschauungen zu begreifen, deren wir uns für das Verständnis der Vorgänge in der unbelebten Natur bedienen, könnten wir in der Ersetzung der Anpassung durch den Funktionsbegriff einen wesentlichen Fortschritt und eine abschließende Aufklärung erblicken — nicht mit Unrecht werden die Vertreter der rein mechanischen Anschauung nicht weiterzugehen wünschen —, wenn nicht die Erwägung sich geltend machte, daß in der Existenz gerade dieser formal als Funktion sich ausdrückenden Erscheinung das Problem der Anpassung mit seiner ganzen Schwere wieder aufträte. Eine Entscheidung wird sich nicht leicht fällen lassen. Sie ist vorläufig auch nicht notwendig, um zu einer weiteren Erkenntnis fortzuschreiten, die sich aus unserem gewählten Beispiel ableiten läßt. Es ist die, daß die Erscheinungen der Anpassung bis tief hinab in die letzten von uns isolierbaren Einheiten des Lebendigen sich verfolgen lassen, daß im Roux'schen Sinne die „Selbstregulationsfähigkeit“ eine ganz allgemeine Eigenschaft jeglicher lebendigen Substanz ist. Man könnte diese Erkenntnis durch einen Vergleich, allerdings einen Vergleich mit allen seinen Schattenseiten, näher beleuchten, durch den Hinweis, daß, wie wir glauben, eine bessere Ordnung in die Tatsachen der Physik durch die Einführung der Lehren der atomistischen Struktur der Elektrizität und von den Quanten erzielt zu haben, so wir auch hoffen dürfen, durch Betrachtung der funktionellen Anpassung nicht als einer großen Einheit, sondern als eines Elementes, welches fort und fort bald in dieser, bald in jener Einzelheit auftreten kann, ein zutreffendes Verständnis für das biologische Geschehen zu erwerben. Ich möchte ferner darauf hinweisen, daß in dem von mir näher beschriebenen Beispiel und in seiner Zurückführung, sei sie nun formal oder mehr als formal, auf den Funktionsbegriff die Anpassung sich ähnlich dar-

stellt, wie ich es früher¹⁾ in einem anderen Zusammenhange für gewisse physiologische Funktionen getan habe, indem ich zwischen den realen, aktiven Funktionen und den gewissermaßen noch virtuell schlummernden unterschied, welch letzteren ich den Namen „vitale Potenzen“ beilegte. Durch die soeben skizzierte Auffassung gewinnt die Anpassung insofern eine neue Beleuchtung, als dem zeitlichen Moment eine weit geringere Bedeutung beigemessen zu werden braucht, als die bisherigen Anschauungen es erforderten. Denn es kann keinem Zweifel unterliegen, daß gemeinhin die Vorstellung obwaltet, es reife gewissermaßen die Anpassung unter dem gestaltenden *Einfluß der Zeit*. Es ist bekannt, wie man glaubte, jetzt bestehende sehr einschneidende Unterschiede der Lebewesen in ihrer äußeren Form und in ihren Funktionen durch einen über lange Zeiten sich erstreckenden Anpassungsvorgang *allmählich entstanden* zu denken. Solchen Vorstellungen, die auch von ganz anderer Seite her ernster Kritik ausgesetzt sind, wird der Boden entzogen, sobald die Anpassung als ein *stets bereitstehendes*, von vornherein hoch entwickeltes Vermögen der lebendigen Elemente erkannt wird.

Der Aufbau der hier vorgetragenen allgemein physiologischen Auffassungen geschah bisher auf Grund eines einzigen, allerdings sehr markanten Beispiels. Um zu zeigen, daß es sich nicht um ein seltsam passendes Beispiel des Zufalls, an den in biologischen Dingen zu denken, trotz entgegenstehender Theorie, man niemals außer acht lassen sollte, handle, wird es nützlich sein, andere Beispiele ins Auge zu fassen, wo sich der Anpassungsvorgang bis in das Elementarste hinein verfolgen läßt. Ein geeignetes Beispiel dieser Art bietet der *isolierte Nerv*, dessen beide Leistungen, in Erregung zu geraten und Erregung zu leiten, an jedem ausgeschnittenen Kaltblüternerven leicht untersucht werden kann. Der Erregungsvorgang pflanzt sich im Nerven zeitlich meßbar von Ort zu Ort fort. Jede einzelne erregte Stelle verhält sich gegenüber ihren vor und hinter ihr liegenden unerregten Stellen elektro-negativ; folglich wird sich ein elektrischer Strom in der Richtung von der unerregten zu der erregten Nervenstelle außerhalb der leitenden Nerven-faser ergießen, dieser Strom also seine Anode an der erregten, seine Kathode an der unerregten Stelle besitzen. Nun wissen wir aus der Lehre vom Elektrotonus, wie der Zustand des Nerven genannt wird, in den er unter dem Einfluß eines konstanten Stromes gerät, daß an der Anode der Nerv gehemmt, an der Kathode der Nerv in seiner Erregbarkeit erhöht wird; folglich wird, nach der ansprechenden Theorie von *Ludimar Hermann*, die erregte Nervenstelle in ihrer Erregung gedämpft, die unerregte Stelle vorberei-

tend in ihrer Erregbarkeit erhöht und auf diese Weise die Erregungsleitung in ihrem Fortschreiten befördert. Es handelt sich also durchaus nicht um ein bloßes Fortschreiten des Erregungsvorganges, sondern ausdrücklich noch darum, daß, ehe die neue Stelle in Erregung gerät, sie vorher dazu vorbereitet wird, und daß die alte Stelle nicht etwa bloß in ihrer Erregung abklingt, sondern direkt gehemmt wird. Man könnte sich ganz gut den Erregungsprozeß ohne diese beiden Anpassungsvorgänge fortschreitend denken und sich etwa ein derartiges Fortschreiten ohne das Hilfsmoment der Anpassung durch Vergleich mit geläufigen physikalischen Leitungsvorgängen bildlich veranschaulichen.

Das soeben geschilderte Beispiel für Anpassung im Ablauf einer ganz elementaren Funktion an einem recht einfachen Teilgebilde des Organismus ist gewissermaßen nur ein Spezialfall eines im Organismus waltenden Prinzipes von sehr allgemeiner Bedeutung, für das der von dem Altmeister *Ewald Hering* geprägte Ausdruck „die Stimmung“ eine ungemein glückliche Bezeichnung ist. Die Stimmung bzw. Umstimmung der lebendigen Substanz spielt als Anpassungsvorgang beim Ablauf verwickelter, nervöser Prozesse bis hinauf in die Sphäre des geistigen Geschehens eine entscheidende Rolle. Wir wollen ein Beispiel einfacher Art aus der Lehre vom *Gesichtssinn* nehmen, nicht zum geringsten gerade dieses Beispiel auswählend, weil die feinsinnige Analyse der Anpassungsvorgänge im Gesichtssinn durch *Ewald Hering* historisch und begrifflich die Basis für Lehren geworden ist, die wie wenige in der modernen Biologie befruchtend gewirkt haben. Sobald eine beschränkte Stelle der Netzhaut von Licht affiziert wird, welches beispielsweise zur Entstehung der Empfindung weiß daselbst Veranlassung gibt, mindert sich eben unter der Einwirkung dieses Lichtes an dieser Stelle fortschreitend die Befähigung derselben zur Produktion der Weißempfindung. Im Gegensatz hierzu entsteht vom ersten Moment an in der nicht belichteten Umgebung der affizierten Netzhautstelle eine mehr und mehr anwachsende Vertiefung der Dunkelempfindung. Der Vorgang ist bekannt unter dem Namen des simultanen Kontrastes, und er ist, wie *nicht* allgemein bekannt ist, so tief verwoben mit unserem Sehakt, daß unser alltägliches Sehen erst durch seine Berücksichtigung verständlich wird. Dem psychischen Phänomen des Kontrastes entsprechen, wie klassische Versuche von *Ewald Hering* bewiesen haben, physiologische Vorgänge, die man vorläufig immer noch am einfachsten beschreiben wird, wenn man sie den psychischen Phänomenen als zugeordnet, und zwar in entsprechender Weise antagonistisch zugeordnet, bezeichnet. Wie fruchtbar diese von *Hering* inaugurierte Anschauungsweise dieser sowohl im geistigen wie im körperlichen Gebiete liegenden Anpassungsvorgänge gewesen ist, mag dadurch belegt werden, daß sie sich, wie die zahlreichen

¹⁾ L. Asher, Das Gesetz der spezifischen Sinnesenergie und seine Beziehung zur Entwicklungslehre, Zeitschr. für Sinnesphysiologie Bd. 41, S. 155, 1909.

Arbeiten von *Sherrington* und seinen Mitarbeitern gezeigt haben, auf das Zusammenwirken der Reflexe im Rückenmark, welche den Aufbau all unserer Bewegungen bewerkstelligt, haben übertragen lassen. Auch hier verlaufen die Dinge so, daß die Tätigkeit eines Teiles in benachbarten zugeordneten Teilen eine entgegengesetzte Tätigkeit vorbereitet, während sie selbst in dem Sinne umgestimmt wird, daß die Tätigkeit, in der sie sich befindet, eine Dämpfung erfährt. Die spezielle Physiologie des Rückenmarks und des Gehirnes liefert zahlreiche Beispiele von der gleichen Art, wie die hier herausgegriffenen, auf die wir hier natürlich nicht näher eintreten wollen.

Die Anpassungsvorgänge im Nervensystem, die soeben kurz geschildert wurden, sind etwas anderer Art, als das erste Beispiel von der Anpassung bei der Tätigkeit des Herzens. War das letztere eine Anpassung an einen äußeren Faktor, und so derjenigen Anpassung am meisten gleichend, die man sonst gewohnt ist, so zu bezeichnen, so sind die ersteren Anpassungen regulativer Art an das Selbstgeschehen der physiologischen Vorgänge selbst. Bei näherem Zusehen findet man aber unschwer auch die Beziehungen zu äußeren Faktoren; denn diese Anpassungen an die Eigenvorgänge in der nervösen Substanz stehen in engster Beziehung zu den Bedingungen der Umgebung, denen der Träger des Nervensystems sich anzupassen genötigt ist. Andererseits läßt sich insofern eine Gleichheit der beiden Reihen von Anpassungsvorgängen erkennen, als auch bei unseren letzten Beispielen eine Vereinfachung sehr nahegelegt wird, indem man dieselben als Ausfluß wiederum eines bekannten Prinzips aus der unbelebten Natur erkennt. Es scheint nämlich das Wechselspiel von Erregung und Hemmung, in dem ja wesentlich die der Anpassung dienende Umstimmung besteht, zurückführbar zu sein auf dasjenige, was man in der Chemie als umkehrbare Reaktion ansieht. In der Tat besteht auf den ersten Anblick eine überraschende Ähnlichkeit, indem hier wie dort das Fortschreiten der Reaktion in der einen Richtung eben dieses Fortschreiten hemmt, die Tendenz zum Verlauf der Reaktion in der umgekehrten Richtung aber fördert. Um so mehr scheint der Anschluß an die Vorstellung von chemischen Gleichgewichtsreaktionen nahelegend, als die Lehre von den dissimilatorischen und assimilatorischen Prozessen, die der Erregung und Hemmung zugrunde liegend gedacht werden, wesensgleiche Gedanken über das chemische Geschehen in der lebendigen Substanz enthält. Wenn man sich dieser Identifizierung anschließen könnte, wäre wiederum der Anpassungsvorgang letzthin seiner Besonderheiten entkleidet und der notwendige Ausdruck eines chemischen Geschehens wohl bekannter Art.

So verführerisch diese Vereinfachung wäre, so einfach liegen die Verhältnisse mitnichten, wenngleich dies manchmal geglaubt

und als Lehrmeinung vertreten wird. Manches spricht gegen die Möglichkeit, die geschilderten Beispiele von Anpassung aus ihrer Natur als umkehrbare Gleichgewichtsreaktionen zu deuten. *Erstens* kennen wir im Organismus ablaufende umkehrbare Reaktionen, ohne daß wir im mindesten dabei auf Ähnliches stoßen, was biologisch zugeordnet als Erregung und Hemmung zu bezeichnen wäre. *Zweitens* finden wir gerade dort die markantesten Beispiele von Anpassungsvorgängen, wo die Vergesellschaftung mit chemischen Stoffwechselprozessen am geringsten ausgebildet ist, nämlich in den nervösen Substanzen. Hier liegen die Verhältnisse so, daß manche kundige Autoren überhaupt bezweifeln, ob die nervösen Vorgänge als ein Ausfluß des chemischen Geschehens anzusehen seien, die vielmehr der Meinung sind, es handle sich um physikalische Vorgänge. *Drittens* spricht die eigentümliche räumliche Ordnung der hier in Frage stehenden Anpassungsvorgänge gegen die einfache Erklärung mit Hilfe der Gleichgewichtsreaktionen, die für sich allein niemals genügen würden, die so deutlich ausgesprochene räumliche Auseinanderlagerung der entgegengesetzten Prozesse verständlich zu machen. Man muß sich daher bescheiden, auch in diesen Anpassungsvorgängen physiologische Elementarprozesse zu erblicken, für welche man keine übereinstimmende Analoga in der unbelebten Natur besitzt, wo vielmehr das Lebendige seine Eigengesetzlichkeit hat.

Wir wollen uns jetzt einigen Beispielen zuwenden, welche uns mit Anpassungen an *Einwirkungen der Umgebung* bekanntmachen sollen, die zwar komplizierter sind als die bisher besprochenen, aber immer noch eine Analyse elementarer Art zulassen. Die Bewegungen unseres Darmes sind dem mannigfachen Inhalt, mit dem derselbe in Berührung kommt, angepaßt, und der Ablauf der Bewegungen ist in der ganzen Länge des Darmes ein streng geregelter. Aber der verwinkelte Mechanismus, der eine feine Abstufung sowohl gegenüber der physikalischen wie auch gegenüber der chemischen Beschaffenheit des Darminhaltes aufweist, setzt durchaus nicht den Zusammenhang aller Teile voraus, sondern läßt den Aufbau aus Elementen der Anpassung oder Regulation auch an isolierten kleinen Segmenten des Darmes erkennen. Wir benutzen beispielsweise ein isoliertes Segment eines Säugetierdarmes und bringen an irgendeine Stelle in das Innere einen Inhalt, etwa einen kleinen festen Körper. Sofort wird die betreffende Stelle, wo die Berührung stattfindet, erregt, die Muskulatur kontrahiert sich; damit hat es aber nicht sein Bewenden, sondern die zunächst benachbarte abwärts gelegene Stelle zeigt gleichfalls eine Veränderung, indem sie merklich erschlafft, die Muskulatur also eine Hemmung erfahren hat. Man erkennt hier eine frappante Ähnlichkeit mit dem oben geschilderten Vorgang am peripheren Ner-

ven, wo eine ähnliche Verkettung von Erregung und Hemmung benachbarter Teile stattfand und wo genau, wie hier, das, was in der Nachbarschaft geschieht, eine Vorbereitung für kommendes Geschehnis ist. Auch darin gleicht das Beispiel dem früheren, indem der tatsächlich stattfindende Vorgang uns nicht unbedingt notwendig erscheint, der Vorgang sich ganz gut auch ohne die ausgesprochene Nachbarschaftsveränderung ablaufend sich denken ließe, somit erst in der Erkenntnis des fördernden Einflusses einer Anpassung die wahre Bedeutung des Zusammenhanges zutage tritt. Diese Anpassung wird als eine Elementarerscheinung ermöglicht, indem sie nachweislich Eigenschaft isolierter Darmsegmente ist.

Geradezu eine Fundgrube für Anpassungsvorgänge ist das Gebiet, welches uns durch die moderne *Immunitätslehre* erschlossen worden ist. Hier tragen aber die Anpassungsvorgänge einen eigenartigen Charakter, indem die Reaktionen, in welchen diese Anpassungsvorgänge zutage treten, in Erscheinungen der Abwehr bestehen, prinzipiell demnach auch als negative Anpassungsvorgänge bezeichnet werden können. Intravenöse oder subkutane Injektionen eines körperfremden Fermentes rufen die Entstehung eines spezifischen Antifermentes hervor, ebenso bewirkt die gleiche Injektion eines körperfremden Eiweißkörpers, ja sogar der Übertritt eines körpereigenen, aber blutfremden Eiweißkörpers, die Entstehung von „Abwehrfermenten“, die spezifisch auf dieses Eiweiß eingestellt sind. Das Elementare an diesen negativen Anpassungsvorgängen ist darin zu erblicken, daß einmal der Eintritt der Reaktion des Organismus auf die ungewohnte Einwirkung der Umgebung sehr rasch eintritt, so daß das zeitliche Moment dabei nur eine verschwindend kleine Rolle spielt, andererseits offenbar nur ein kleiner Bruchteil der Körperorganisation an der Ausbildung dieser Art von Anpassungsvorgängen beteiligt ist.

Etwas verwickelter sind die Anpassungsvorgänge, welche der experimentellen Forschung durch das sogenannte *Kompensationsvermögen des Organismus* geliefert werden. Entfernt man bei paarigen Organen eines derselben, so vollzieht in verhältnismäßig kurzer Zeit das übrig gebliebene Organ Leistungen in einem Umfange, wie sie bisher von den beiden Organen ausgeführt wurden. Nimmt man gewisse Organe, die nicht unbedingt lebenswichtig sind, deren Ausfall aber zu sehr schweren Störungen führt, vollständig weg, so gleichen sich bei geeigneter Fürsorge im Laufe der Zeit die schweren Störungen mehr und mehr aus, so daß ein Zustand entstehen kann, der anscheinend nicht sehr vom normalen abweicht. Sehr instruktive Beispiele dieser Art lassen sich bei der Untersuchung der sogenannten *Drüsen mit innerer Sekretion* finden. Die Entfernung der Schilddrüse kann von außerordentlich schweren anfänglichen Störungen begleitet sein, die aber trotzdem fast vollständig wieder verschwinden

können. Der Verfasser dieses Aufsatzes ist im Besitze von einigen Hunden, denen er vor längerer Zeit die Schilddrüsen vollständig entfernt hat, bei denen außerdem noch Kontrolloperationen hinzugefügt wurden, und bei denen in jeder Beziehung ein Verhalten zu konstatieren ist, welches selbst einen kundigen Beobachter nichts von den vollzogenen Operationen ahnen läßt. Ganz Ähnliches läßt sich, je nach der Tierart etwas verschieden, nach der Entfernung einiger anderer innersekretorischer Organe beobachten. Gerade weil nach Verlust gewisser Organe ein so überraschender Ausgleich der Störung stattfinden kann, war ihre Funktionsweise bis vor kurzem in Dunkel gehüllt. Es darf daher nicht wundernehmen, wenn auch über die Kompensations- oder Anpassungsvorgänge nach Entfernung dieser Organe keine Klarheit herrscht. Immerhin ist für den uns interessierenden Zweck der Betrachtung der Anpassungsvorgänge als elementaren Eigenbesitz der belebten Organismen soviel aus denselben zu entnehmen, daß es sich nicht um Anpassungen handelt, wobei die ganze Kompliziertheit der Wechselwirkung zwischen der Umwelt und dem lebendigen Organismus ins Spiel tritt, sondern um Reaktionen, die ganz und gar in das Innere des Organismus verlegt sind und ohne jedes äußere Zutun aus ihm selbst entspringen.

Eine weitere Verwicklung kommt bei denjenigen Kompensations- oder Anpassungsvorgängen hinzu, wo das Moment der Einwirkung der Umwelt nicht außer acht gelassen werden kann. Hier ist in erster Linie an diejenigen Anpassungsvorgänge zu denken, die man beobachten kann, wenn Teile des *Zentralnervensystems* entfernt worden sind. Wenn beispielsweise bei einem höheren oder auch bei einem niederen Säugetier die Hälfte des Kleinhirns entfernt worden ist, treten außerordentlich schwere Störungen ein. Haltung, Gang und Handlungsweise des Tieres sind sinnfällig abgeändert und eine ganze Zeit lang bietet das Tier ein verwickeltes Bild von Ausfalls- und Reizerscheinungen dar. Und doch tritt im Laufe einer nicht gar zu langen Zeit mehr und mehr ein Ausgleich ein, so daß es schließlich eines gewissen Aufwandes experimenteller Einfälle bedarf, um überhaupt etwas Wesentliches an Ausfällen zum Vorschein gelangen zu lassen. Zweifelsohne ist der Anpassungsvorgang, der hier vorliegt, kein ganz einfacher, aber es lassen sich einzelne verwickelte Prozesse, die man zur Erklärung herbeiziehen möchte, mit großer Wahrscheinlichkeit von der Beteiligung ausschließen. Es bedarf keiner Dressur, um das neue und zweckmäßige Verhalten des Tieres zu veranlassen; es sind nicht, so weit man bei einem Tiere überhaupt davon sprechen kann, die Sinnesempfindungen an der Leitung der neuen Anpassung beteiligt. Die etwaige tierische Intelligenz kann nicht beansprucht werden, da an den Funktionen, deren Vollzug wir dem Kleinhirn unter-

stellt glauben, kein der Intelligenz zuzuschreiben-der Anteil erkennbar ist. Aber insofern ist doch die Verwicklung bei diesen Anpassungserscheinungen eine etwas größere, als sie nicht anders zustande kommen können, als unter dem steten Einfluß wechselnder Verhältnisse der Umwelt, die eine Nötigung enthalten zu geänderten Einstellungen des Tieres. — Ein anderer sehr durchsichtiger Fall von Kompensation oder Anpassung ist derjenige, welcher eintritt, wenn man einfache oder mehrfache Halbdurchschneidungen des Rückenmarks macht. Nach einer Halbdurchschneidung des Rückenmarks innerhalb des Brustmarks tritt zunächst eine Lähmung der Extremität ein, welche auf der Seite der Durchschneidung liegt. Dies spricht dafür, daß bisher die Impulse, welche die betreffende Extremität in Tätigkeit versetzten, auf der gleichen Seite des Rückenmarks verliefen. Nach überraschend kurzer Zeit ist jede Störung verschwunden. Noch viel eindringlicher zeugt von dem Vermögen des Rückenmarks, sich ganz neuen Verhältnissen anzupassen, die schon vor Jahrzehnten gemachte Beobachtung *Osawas*, daß nach mehrfachen halbseitigen Durchschneidungen des Rückenmarks, und zwar abwechselnd bald auf der einen, bald auf der anderen Seite, immer noch eine Wiederherstellung der Bewegung eintreten kann, woraus folgt, daß die Erregungen jetzt einen völlig ungewohnten, absolut nicht vorgebahnten Weg geschlängelter Natur einschlagen müssen. Überdenkt man den soeben geschilderten Tatbestand, so erkennt man, wie weit ab dieses geradezu wunderbare Anpassungsvermögen des Rückenmarks von herkömmlichen morphologischen Denkgewohnheiten in der Biologie steht. Alle die sicher sehr planmäßig angelegten Bahnen sind für den Gebrauch auf das gründlichste gestört, und doch finden sich im Organismus Mittel und Wege, aus sich selbst heraus seinen funktionellen Bedürfnissen in einer ganz ungewohnten Weise Genüge zu leisten.

Die dargelegten Beispiele mögen genügen, um ein, wenn auch sehr unvollständiges Bild von solchen Anpassungen zu geben, bei denen uns ihre Eigenschaft als elementarer Besitz belebter Einzelteile das hervorstechende Merkmal ist. Jetzt wollen wir an die schwierigere Frage herantreten, welches der *Mechanismus* sein mag, dem so geartete *Anpassungsvorgänge* ihre Entstehung verdanken. Um hierüber Aufschluß zu erhalten, müßte man solche Fälle von Anpassung näher ins Auge fassen können, bei denen man experimentell die Bedingungen beherrscht, um die Entstehung einer Anpassung auszulösen und, wenn möglich, ihren Ablauf in einzelnen Phasen zu verfolgen. Die Durchsicht über experimentell erforschte Regulationen im tierischen Organismus liefert hierzu einige nicht unwichtige Beispiele. Wir wählen hierzu einen Regulationsvorgang, dem man den Namen Schaltung oder Klinkung beigelegt hat,

und der durch die sinnreichen und originellen Untersuchungen und Betrachtungsweisen von *Jakob v. Uexküll*, durch die groß angelegten Arbeiten von *R. Magnus* einer vertieften Einsicht entgegengeführt worden ist. Am Beginn dieser Erkenntnis steht die Uexkülsche Entdeckung eines einfachen, aber recht bedeutungsvollen Gesetzes für die *Regulation der Bewegung der Seeigelstacheln*. Man kann sich bei Seeiegeln ein Präparat herstellen, welches aus der die Stacheln des Tieres tragenden Außenseite, den zugehörigen Muskeln und den darunter gelegenen Nerven-netzen besteht. Reizt man irgend eine Stelle der Haut, so tritt eine Reaktion ein, bei welcher scheinbar ganz planlos durch die Muskeln bald dieser bald jener Stachel bewegt wird. Sofort aber kommt absolute Regelmäßigkeit in die Reaktion, sobald man die Muskeln einzelner Seeigelstacheln durch das Auflegen einer Last einseitig zur Erschlaffung bringt; dann werden alle Stacheln in völliger Ruhe verharren, außer denjenigen, deren Muskeln erschlafft sind, denn diese verkürzen sich. Durch diese Beobachtung, die an anderen Objekten ähnlicher Art von ihm bestätigt wurde, gelangte *Uexküll* zu dem Gesetz: *es fließt die Erregung in einfachen Nerven-netzen immer den erschlafften Muskeln zu*. Auch bei höheren Tieren hat sich diese Regel, wie *Magnus* gezeigt hat, in geeigneten Fällen bestätigen lassen. Hat man sich durch Durchtrennung des Rückenmarks bei der Katze ein sogenanntes Reflextier geschaffen, so kann man an zwei besonderen Reflexen das Walten dieser Regel sehr gut verfolgen. Bei gewissen Reizen schlägt der Schwanz in unberechenbarer Weise bald nach der einen, bald nach der anderen Seite; vollständige Regelmäßigkeit kommt sofort in diesen Schwanzreflex, sobald man vor Auslösen des Reflexes den Schwanz nach einer Seite biegt. Dann verläuft der Reflex unfehlbar so, daß der Schwanz durch Kontraktion der Muskeln auf der gedehnten Seite dieser zubewegt wird. Auf ähnliche Weise kann man sich einen sogenannten Rückenmarkshund herstellen. An diesem lassen sich unter anderem zwei Reflexe am Kniegelenk. der Beuge- und der Streckreflex nachweisen. Bei gewissen Reizen erfolgt anscheinend regellos bald der Beuge-, bald der Streckreflex, der aber sofort sich einer festen Regel fügt, sobald man vor Auslösung des Reflexes im Kniegelenk entweder Beugung oder Streckung ausführt. Im gebeugten Gelenk tritt Streckung, im gestreckten tritt Beugung ein, so daß also wieder die Regel gilt, daß die Erregung in die gedehnten Muskeln abfließt. Man kann den Tatbestand auch so ausdrücken, daß man sagt, die Zentren der gedehnten Muskeln werden für die Erregung eingeklinkt, diejenigen der verkürzten Muskeln für die Erregung ausgeklinkt. Diese Regel gilt aber durchaus nicht allgemein, denn *Magnus* konnte zeigen, daß bei den mannigfachen Reflexen, die man an Rückenmarkstieren beobachten kann, durch ganz andere Eingriffe manchmal an Orten, die weit

vom Effekt ablagen, der Ausfall der Bewegungen in ganz bestimmte Bahnen gelenkt werden konnte. Gerade diese Tatsache vermag die vielleicht naheliegende Erklärung für die zuerst beschriebenen Regulationen verhüten, daß es sich einfach um ein Auftreten der Erregung in den vorher unerregten Teilen handle, weil die antagonistische Gruppe von Muskeln sich selbst in Erregung befindet. Es bedarf weiter keiner Häufung von den in nicht geringer Menge vorliegenden Erfahrungstatsachen, die alle dafür Zeugnis ablegen, wie durch geänderte Beziehung zwischen Peripherie und Zentrum eine Regulation eintritt, die unter natürlichen Bedingungen den Bedürfnissen des Tieres gerecht wird; denn auf diese Weise kommt die Anpassung an die wechselnden Bedingungen der Umwelt zustande. Sind wir nun durch die geschilderten Erfahrungen über den eigentlichen Mechanismus der einschlägigen Regulationsvorgänge belehrt? Das kann nicht zugegeben werden, wie sich schon daraus ergibt, daß man sich bildlicher Ausdrücke, wie Schaltung, Einklinkung usw., bedient. Diese Bezeichnungen haben sogar etwas Irreführendes, wenn wir uns verleiten lassen wollten, den Vorgang der Schaltung zu vergleichen mit demjenigen einer Bahnschiene oder eines Leitungsweges auf einer elektrischen Schalttafel; nur im Effekt gleichen sich die Geschehnisse, keinesfalls aber im wirklichen Mechanismus. Mit dieser negativen Erkenntnis müssen wir uns bescheiden, falls wir uns zurzeit nicht in uferlose Hypothesen verlieren wollen.

Das Zentralnervensystem ist nicht der einzige Ort, wo wir experimentell Bedingungen erzeugen können, bei denen wir vor unseren Augen die Regulation sich entwickeln sehen können. Es gibt auch sehr ausgesprochene Anpassungsvorgänge bei höheren Tieren an der Peripherie. Erkenntnisse dieser Art sind neueren Datums, und wir wählen einen eigenartigen Fall von Anpassung in der Peripherie, d. h. durch Vorgänge, die ohne Mitwirkung des Zentralnervensystems, ausschließlich durch Geschehnisse in einem peripheren Organ zustande kommen, ins Auge fassen, welchen der Verfasser dieses Aufsatzes gemeinschaftlich mit *Werner Jost* entdeckt hat. Man weiß, daß die Absonderung des Harnes durch die Niere sehr beeinflusst wird durch die Blutversorgung des Organes; verminderte Durchströmung der Niere mit Blut hemmt in sehr ausgesprochener Weise die Harnabsonderung. Nun erhalten die Nierengefäße eine reichliche Versorgung mit Nerven durch den Nervus Splanchnicus, die eine so ungewöhnlich starke gefäßverengernde Wirkung besitzen, daß Reizung des N. Splanchnicus zu einer Hemmung, wenn nicht sogar zu einer vollständigen Aufhebung der Harnabsonderung führt. Nun erkannten wir, daß eine vollständige Aufhebung der schädlichen Wirkungen der Splanchnicusreizungen auf die Gefäße eintritt, falls man nicht

außergewöhnlich starke Reize nimmt, wenn man durch chemische Mittel, welche die spezifischen absondernden Zellen der Niere anregen, eine starke Harnabsonderung hervorruft. Reize, welche vorher eine starke Verengung der Nierengefäße veranlaßten, bleiben jetzt ohne jede Wirkung. Hier liegt ein sehr interessanter Anpassungsmechanismus vor, indem eben die Tätigkeit des peripheren Organes die Bedingungen schafft, um ein Funktionieren, welches unter anderen Umständen einen guten Sinn haben mag, hier aber nur schädlich sein kann, vollständig auszuschalten. Welches die speziellen Mittel sind, um im vorliegenden Falle die Mindererregbarkeit der gefäßverengernden Nerven herbeizuführen, ist noch unbekannt. Man wird zunächst an eine Umstimmung durch chemische Mittel denken, wofür sich auch einige experimentelle Stützen anführen lassen. Einer der wirksamsten Stoffe, um Gefäßverengung zu verursachen, ist das innere Sekret der Nebenniere, das Adrenalin. Aber dieses machtvolle Mittel verliert völlig seine Wirksamkeit, wenn man die Gefäße mit Lösungen durchströmt, denen das Calcium fehlt. Ebenso gut könnte Umstimmung der Nierengefäße durch das Auftreten eines Stoffwechselproduktes der Nierentätigkeit bewerkstelligt werden. Von einem allgemein physiologischen Standpunkt aus betrachtet, ist es sehr wahrscheinlich, daß der Organismus sich in einer überwiegenden Zahl von Fällen chemischer Mittel bedient, um Anpassungen zu erzielen, denn das geht ja aus der modernen Lehre von den Organen mit innerer Sekretion hervor, von denen wir erkannt haben, daß sie wesentlich der Funktion der gegenseitigen Anpassung im Organismus auf jeweilige entstehende Bedürfnisse desselben durch chemische Stoffe dienen. Diese chemische Koordination, welche, wie man sich ausdrückt, phylogenetisch die ältere ist, hat sich trotz Ausbildung des wesentlich der Koordination dienenden Nervensystems nicht allein bei den höchsten Tieren erhalten, sondern sogar in einer sehr ausgesprochenen Weise weiter entwickelt und vervielfältigt. Das spricht für eine der chemischen Anpassung innewohnende Zweckmäßigkeit in biologischer Beziehung.

Für einige der früher von uns geschilderten Beispiele von regulatorischer Anpassung sind wir im Besitz von Aufschlüssen, die uns einen Einblick in einen etwas anderen Mechanismus für die Ermöglichung der Anpassung darbieten. Wir hatten früher gesehen, daß nach Wegnahme paariger Organe oder nach Wegnahme selbst erheblicher Teile eines einzigen Organes, das übrigbleibende die ganze Funktion übernehmen kann und demnach mehr leistet, wie es früher getan hat. Hand in Hand mit dieser Mehrleistung geht eine stärkere morphologische Ausbildung der zurückbleibenden Teile, es kommt zu einer funktionellen Hypertrophie. Scheinbar liegt hier nichts anderes vor, als die längst bekannte Hypertrophie

von Organen durch Mehrgebrauch und Übung. In Wahrheit ist natürlich mit dieser Gleichsetzung noch keine Erklärung gegeben, denn der Mechanismus der Übungshypertrophie bedarf selbst noch der Erklärung. Daß aber die Dinge noch tiefer liegen, verraten eigentümliche Erfahrungen, die man bei Versuchen gemacht hat, bei normalen Organismen durch Einpflanzung eines Organes oder Organstückes einen Mehrbesitz zu erzielen. Dies gelingt nicht; das Eingepflanzte geht innerhalb kurzer Zeit zugrunde. Solche Versuche wurden angestellt, um als Gegenstück zu Krankheitsbildern, die auf dem Fehlen gewisser Organe mit innerer Sekretion beruhen, solche zu erzeugen, von denen man annimmt, daß sie durch eine erhebliche Steigerung der normalen Leistung des betreffenden Organes zustande kommen. Ganz anders wird die Sache, wenn man vorher das der Untersuchung dienende Organ entfernt hat und nun von einem anderen Individuum der gleichen Art das fehlende Organ ersetzt. Jetzt gelingt die Implantation, erkennbar daran, daß sowohl der morphologische wie auch der funktionelle Beweis für das Erhaltenbleiben des implantierten Organes erbracht werden kann. Der amerikanische Chirurg *Halsted* hat diesen Tatbestand durch den Satz zu formulieren versucht, daß erst der Ausfall die Bedingungen zur Ermöglichung des anatomischen und funktionellen Implantationserfolges schafft. Hier tritt demnach ein neuer Faktor, der Ausfall mit seinen Folgen, in den Mechanismus für die Entstehung der nachfolgenden Anpassung ein. Der Ausfall mit seinen Folgen muß in doppelter Weise wirken, indem er einerseits den Boden verändert, auf dem Einwachsen stattfinden soll, andererseits die individuellen Fremdzellen wachstums- und assimilationsfähig macht, was sie vorher nicht waren. Worin die Bodenveränderungen bestehen könnten, darüber besitzen wir noch keinen Einblick, wohl aber können wir eine Aussage darüber machen, was Zellen zum Wachstum befähigt macht. Die größte Wachstumsbefähigung besitzen Zellen im Embryonalzustande. Es liegt daher nahe, die Annahme zu machen, daß in die Mechanik derjenigen Anpassungsvorgänge, zu deren Ermöglichung gesteigertes Zellwachstum gehört, die Umwandlung der Zellen in solche mit Embryonalcharakter gehört. Möglicherweise spielt dieser Umwandlungsprozeß auch dort eine maßgebende Rolle, wo es sich um den Vorgang der Leistungssteigerung nicht völlig fehlender, sondern nur in ihrer Menge verminderter Organteile handelt. Die Gesamtheit dieser Ausführungen sollte zeigen, daß wir jetzt zwei Faktoren kennen, die in die Mechanik der augenblicklich geschilderten Anpassungsvorgänge eingehen, nämlich Ausfall und Umwandlung von Zellen zu solchen mit embryonalen Eigenschaften.

Nur andeutungsweise sei hier darauf hingewiesen, daß nach *Ehrlichs* geistvoller Seitenkettentheorie der „Ausfall“ ein sehr wichtiges Glied in

der Kette der Ereignisse ist, die zur Immunisierung bei der Injektion von Heilsera führen, Immunisierungen, die wir nicht anders als zu den Anpassungsvorgängen rechnen können. Es muß auf manche bekannte vorzügliche Darstellungen der *Ehrlichschen* Lehre in der Literatur der Immunitätsforschung verwiesen werden.

Am Schluß unserer Ausführungen angelangt, sollen die wesentlichsten Gesichtspunkte noch einmal hervorgehoben werden, welche aus einer Betrachtung der experimentell beobachtbaren Tatsachen der funktionellen Anpassung sich darbieten. Vielleicht am wichtigsten erscheint mir die Erkenntnis, daß das Vermögen, welches in den Anpassungsvorgängen zutage tritt, eine elementare Eigenschaft jeder belebten Substanz ist, ihr in gleicher Weise und unauslösbar innewohnend, wie andere elementare Lebenseigenschaften, ohne welche wir uns den Bestand des Lebens nicht denken können. Mit dieser Auffassung steht im Einklang, daß Anpassung beobachtet werden kann bis herab zu den letzten Einheiten, welche der Experimentator noch im Besitz des Vollzugs der physiologischen Funktionen zu isolieren vermag. Ferner stimmt damit überein, daß die Anpassung nicht notwendigerweise der Zeit bedarf, um in Wirksamkeit zu treten, sondern daß sie bereit steht, sobald die Erfordernisse es erheischen. Die Anpassung kann auch völlig unabhängig von dem morphologischen Aufbau zur Entfaltung kommen, eine Unabhängigkeit, die eigentlich ein Postulat ist, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Form selbst ein Geschaffenes und nicht ein Schöpfer der Funktion ist, was freilich nicht mit den sekundären funktionellen Leistungen gewisser Formen verwechselt werden darf. Viele Biologen sind geneigt, dem Zufall einen nicht geringen Anteil an dem Werden der Organismen beizumessen. Die hier vorgetragene Auffassung von dem Anpassungsvermögen als einer elementaren Eigenschaft der belebten Substanz entkleidet dieselbe des gedachten Charakters der Zufälligkeit. Sie sind Regeln unterworfen, die zwar anderer Art, aber nicht minder streng sind als diejenigen für die Vorgänge in der unbelebten Natur. Es steht zu hoffen, daß die Behandlung der Anpassung als eines Problems der allgemeinen, funktionell gerichteten Physiologie berufen sein wird, an der Lösung von Fragen mitzuwirken, die mehr erstreben als einen Einblick in die Geschehnisse, welche die individuelle Existenz ausmachen.

Vom mechanischen Äther zur elektrischen Materie.

Von Prof. Dr. M. Born, Berlin.

Es ist noch nicht lange her, da war die physikalische Literatur mit Abhandlungen erfüllt, die die *mechanischen Eigenschaften des Äthers*

erörterten, und einige Überreste solcher Betrachtungen haben sich bis auf unsere Tage erhalten. Im ganzen aber hat sich die Physik neuen Anschauungen zugewandt, die man mit einem kurzen Schlagwort als die *Lehre von der elektrischen Natur der Materie* bezeichnen könnte.

Es handelt sich dabei um eine gründliche Umstellung der Gedankenwelt; was früher als das Einfache, Primäre galt (die Mechanik), wird heute zum Abgeleiteten, Sekundären, und umgekehrt wird das, was ehemals die Zurückführung auf elementare Gegebenheiten bedürftig schien (der Äther als Träger der elektromagnetischen Erscheinungen), zum Fundament des ganzen Gebäudes der Wissenschaft gemacht. Es lohnt der Mühe, diesen Wandel der Ideen zu überblicken und sich klar zu machen, ob er einen Fortschritt der Erkenntnis bedeutet.

Die „Physik des Äthers“ nahm ihren Ausgang am Anfange des 19. Jahrhunderts mit der Optik. In dieser Zeit hatte die Mechanik jene Vollkommenheit erreicht, die sie zur Königin der Wissenschaften machte. Neben der Mechanik der Massenpunkte, die ihre Triumphe in der Astronomie feierte, war die Mechanik der kontinuierlich verbreiteten Medien, die elastische Theorie der Gase, Flüssigkeiten und festen Körper, entwickelt worden. So konnte es nicht ausbleiben, daß die mechanischen Gesetze auch auf die optischen Vorgänge angewandt wurden. Die Lichtwellen wurden mit den elastischen Wellen in materiellen Körpern verglichen; es entstand die erste elastische Theorie des Äthers.

In elastischen Körpern gibt es aber zwei Arten von Wellen, solche, bei denen die Teilchen in der Richtung der Wellenfortschreitung hin- und herschwingen (longitudinale Wellen), und solche, bei denen die Teilchen quer zur Fortpflanzungsrichtung pendeln (transversale Wellen). Es ließ sich nun nachweisen, daß die Lichtwellen streng transversal sind; bis zum heutigen Tage hat man keine Andeutung optischer Longitudinalwellen gefunden. Da nun longitudinale Schwingungen offenbar mit Dichteänderungen verknüpft sind, so mußte man aus dem Fehlen der longitudinalen Lichtwellen schließen, daß der Äther sich nicht (wie ein Gas) zusammendrücken läßt; andererseits aber muß er äußerst elastisch sein, da er (wie ein fester Körper) transversale Wellen sehr gut fortpflanzt.

Man kam also zu dem Schluß: Der Äther ist ein inkompressibler, vollkommen elastischer, fester Körper. Und trotzdem bewegen sich durch den Äther die Himmelskörper mit ungeheuren Geschwindigkeiten völlig reibungs- und störungsfrei.

Neben dieser Denkschwierigkeit traten bei der Durchführung der elastischen Lichttheorie noch andere Mängel zutage, so daß es keines allzu starken Stoßes bedurfte, um diese Lehre zu stürzen.

Dieser Stoß kam durch die elektromagnetische Lichttheorie von Maxwell. Danach wird der Äther nicht mehr als elastischer Körper vorgestellt, aber er behält doch die Natur eines kontinuierlich verbreiteten Mediums mit bestimmten Eigenschaften, die als elektrisches und magnetisches Feld in die Erscheinung treten. Schnelle Schwingungen der Felder sind Lichtwellen, ihre Geschwindigkeit läßt sich durch rein elektromagnetische Messungen ermitteln.

Diese Theorie erfordert eine beträchtliche Abstraktion. Was ist eigentlich dieser Äther, der zwar ein kontinuierliches Medium, aber von den bekannten Körpern, seien sie gasförmig, flüssig oder fest, verschieden sein soll? Das Bedürfnis nach Vorstellbarkeit, Bildhaftigkeit der Theorien fordert Zurückführung auf Bekanntes, und schon Maxwell ist diesem Bedürfnis durch Angabe mechanischer Modelle für gewisse Eigenschaften des Äthers entgegengekommen. Später ist die Frage der Zurückführung des Maxwellschen Äthers auf mechanische Grundlagen eine ganze Wissenschaft geworden. Besonders große Erfolge hat Bjerknes erzielt, der den Äther als Flüssigkeit und die elektrischen Ladungen als pulsierende Kugeln darin auffaßte, eine Lehre, die von Korn weiter ausgebaut wurde und noch heute vertreten wird.

Neue Entdeckungen sind auf diesen Wegen nicht gemacht worden. Gleichwohl wäre das Interesse daran vielleicht erhalten geblieben, hätte nicht die Relativitätstheorie die Vorstellung eines materiellen Äthers überhaupt unmöglich gemacht. Allerdings erfordert sie eine noch höhere Abstraktion, einen stärkeren Verzicht auf die gewöhnliche Anschaulichkeit, und darum blickt mancher Physiker wehmütig zurück auf die gute alte Zeit des soliden Äthers (ohne es öffentlich einzugestehen, wie der Amerikaner auf die „good old colonial times“).

Die Erkenntnis schreitet nach der Tiefe durch Abstraktionen fort, in die Breite aber durch die lebendige Anschauung, und wenn die Theorie nichts anderes zuwege gebracht hätte, als die prinzipielle Undurchführbarkeit aller mechanischen Bilder des Äthers und seiner Eigenschaften zu erweisen, so hätte sie der Forschung einen schlechten Dienst geleistet. Aber ein Rückblick auf die Physik in den letzten Jahren zeigt deutlich, daß die Experimentierkunst in enger Fühlung mit der Theorie ihre größten Erfolge erzielt hat; also muß diese wohl der Anschauung, der Intuition neue, lebendige Bilder liefern, die fruchtbarer wirken als die Mechanisierung des Äthers. Das „elektromagnetische Weltbild“ der heutigen Physik mag in den Grundlagen abstrakt genannt werden; in seinem Ausbau ist es reich an Farben und Formen.

Die Quelle dieses Reichtums beruht auf der Vereinigung der abstrakten Maxwellschen Äthervorstellung (bzw. ihrer relativistischen Vertiefung) mit der Atomistik.

Nicht nur die Materie wird heute atomistisch aufgefaßt, die Elektrizität selber wird in Atome, Elektronen genannt, aufgelöst. Atome und Elektronen aber sind anschaulich leicht zu fassen; auch wer dem Formelwust der Maxwellschen Elektrizitätstheorie mißtrauisch gegenübersteht, kann mit den Bewegungen und wechselseitigen Wirkungen der Elektronen und Atome erfolgreich operieren. Der Höhepunkt dieser Entwicklung ist der Versuch, die Atome selbst aus Elektronen aufzubauen; da in dieser Zeitschrift in letzter Zeit mehrfach über diese Arbeiten, die sich an die Quantenhypothese *Plancks* anschließen, berichtet worden ist, wollen wir hier nicht darauf eingehen¹⁾.

Dagegen wollen wir über einige Fortschritte berichten, die den oben geschilderten Weg vom mechanischen zum elektrischen Weltbilde der Physik besonders grell beleuchten.

Sie betreffen die Konstitution der festen Körper und die Natur der Kräfte, die sie zusammenhalten. Die festen Körper sind entweder amorph (glasig) oder kristallinisch. Doch pflegt man heute nur die Kristalle (bzw. Gemenge von

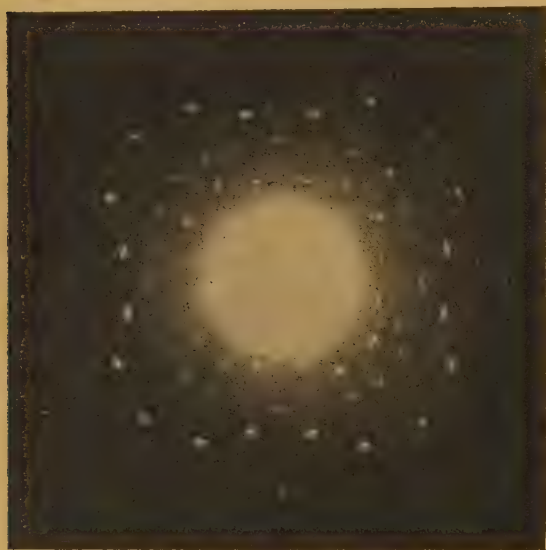


Fig. 1.

Kristallen, wie die meisten Metalle) im eigentlichen Sinne als fest anzusprechen, während die amorphen Substanzen in vieler Hinsicht als besonders zähe Flüssigkeiten zu gelten haben.

Das Wesen der Kristalle ist ihr regelmäßiger Aufbau aus den Atomen und Molekeln. Dieser kann, wie *v. Laue* entdeckt hat, mit Hilfe von Röntgenstrahlen direkt auf der photographischen Platte sichtbar gemacht werden²⁾. Fig. 1 gibt

¹⁾ Ausführliche Darstellungen der Quantentheorie und ihrer Anwendungen auf die Atomstruktur findet man in dem Planck-Hefte dieser Zeitschrift (6. Jahrg., Heft 17, 1918).

²⁾ Darstellungen dieser Entdeckung und ihrer Ausarbeitung sind in dieser Zeitschrift mehrere erschienen: *H. Löwy*, 1. Jahrg., S. 105, 1913. *A. Sommerfeld*,

eine solche Aufnahme eines Steinsalzkristalls (NaCl) wieder¹⁾. Wir kennen heute die Feinstruktur oder das „Gitter“ einer großen Anzahl von Kristallen; so ist z. B. das Steinsalz aus Natrium- und Chloratomen nach Art eines „dreidimensionalen Schachbretts“ aufgebaut, wie die Fig. 2 zeigt. Die Kristalle sind also in Wirklichkeit gar keine kontinuierlichen Medien. Es ist vielmehr eine Aufgabe, deren Lösung viel Mühe und Scharfsinn gekostet hat, nachzuweisen, daß solche Raumgitter bei grober Betrachtung sich mechanisch wie die kontinuierlichen Festkörper der alten Elastizitätstheorie verhalten. Der Ausgangspunkt der mechanischen Äthertheorien ist damit eigentlich von Grund aus zerstört; denn diese gehen von dem kontinuierlichen Festkörper als einer durch ursprüngliche Erfahrung oder Anschauung gegebenen Grundlage aus und fordern die Zurückführung aller andern Phänomene auf die Eigenschaften solcher Medien. Nun ist aber doch die kontinuierliche, elastische Substanz einfach eine Täuschung, hervorgerufen durch die Grobheit unserer Sinne. Die scheinbaren Kontinua sind in Wirklichkeit diskontinuierliche Gitter, zwischen ihren Atomen sind Lücken. Denkt man diese durch Äther erfüllt, welchen Sinn hat es dann noch, ihm Eigenschaften zuzuschreiben, die dem Verhalten der Gitter im groben, als scheinbare Kontinua, entsprechen? Dies hieße offenbar, sich im Kreise drehen.

Die heutige Physik nimmt darum einen andern Standpunkt ein, der nicht nur konsequenter ist, sondern auch zu greifbaren Resultaten geführt hat. Das elektromagnetische Feld im Äther wird als empirisch gegeben hingenommen. Der feste Körper, der Kristall, ist eine regelmäßige Anordnung elektrischer Ladungen, die nach den Feldgesetzen aufeinander wirken. Hieraus entspringen jene groben Eigenschaften, die das Kristallgitter mit dem elastischen Kontinuum der alten Mechanik gemein hat.

Diese Auffassung führt nun zu dem Schluß: *die mechanischen, elastischen Kräfte der festen Körper sind in Wahrheit elektrische Kräfte.* Wenn wir die Ladungen und Abstände der Atome in den Kristallgittern kennen, sind aber alle elektrischen Wechselwirkungen grundsätzlich bekannt; es muß also möglich sein, die elastischen Eigenschaften quantitativ vor auszuberechnen.

An dieser Stelle gelangt man über die Streitfragen der theoretischen Auffassung hinaus zu Problemen, deren Lösung die Überlegenheit des neuen Standpunkts durch zahlenmäßige Rechnung erweisen würde²⁾. Der Weg zu dieser Lösung

4. Jahrg., S. 1, S. 13, 1916. *F. Rinne*, 5. Jahrg., S. 48, 1917. *M. Siegbahn*, 5. Jahrg., S. 512, S. 528, 1917; außerdem zahlreiche kleinere Mitteilungen.

¹⁾ Die Figur stammt aus *F. Rinne*, Beiträge zur Kenntnis der Kristall-Röntgenogramme. 1. Mitteilung. Ber. d. math.-phys. Kl. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. LXVII. Bd., S. 303, 1915.

²⁾ In der kinetischen Gastheorie verhielt es sich ähnlich. Auch hier bestand der Gegensatz zwischen

war ziemlich weit. Erst mußten die Zusammenhänge aller möglichen mechanischen, thermischen, elektrischen, optischen Eigenschaften der Kristalle auf Grund der Gittertheorie geklärt und formal auf die Kräfte zwischen den einzelnen Partikeln des Kristallgitters zurückgeführt werden¹⁾. Wir wollen die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen an dem Beispiel des oben erwähnten Steinsalzkristalls erläutern.

Wie wir schon sahen, ist das Gitter dieses Kristalls nicht aus NaCl-Molekeln, sondern aus einzelnen Na-Atomen und Cl-Atomen aufgebaut (Fig. 2); dies wird nicht nur durch die Röntgenaufnahmen nach v. Laue bewiesen, sondern auch durch das thermische Verhalten des Kristalles. Die Wärme der Körper besteht in Bewegungen ihrer kleinsten Teile; bei den Kristallen sind es Schwingungen um Gleichgewichtslagen. Nach einem fundamentalen Satz der statistischen Mechanik verteilt sich bei höheren Temperaturen die Energie dieser Schwingungen auf die einzelnen

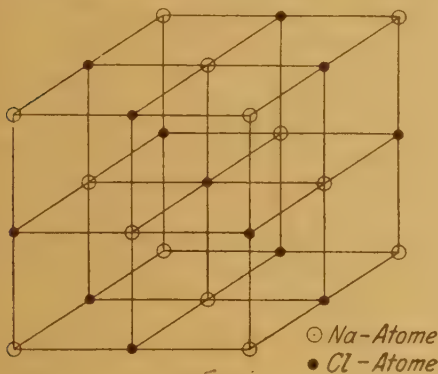


Fig. 2.

Partikel so, daß im Mittel über längere Zeit jedes Partikel *dieselbe* Energie bekommt, deren Betrag aus der kinetischen Gastheorie wohl bekannt ist, gleichgültig, wie das Partikel beschaffen ist. Mit Hilfe von thermischen Messungen läßt sich somit feststellen, wieviele Partikel, jedes mit diesem Energiebetrage versehen, in der Masseneinheit vorhanden sein müssen, damit der beobachtete Wärmeinhalt herauskommt. Man findet so, daß die Partikel nicht die NaCl-Molekel sein können; denn dann hätte die Masseneinheit nur halb so viele Partikel, als im Falle selbständiger Atome, also auch nur die Hälfte des beobachteten Wärmeinhalts.

Löst man ein Stück Steinsalz in Wasser auf, so wird die Lösung ein Leiter des elektrischen

Kontinuums- und Atomtheorie, die so lange gleichwertig blieben, als die letztere nur die formalen Zusammenhänge darstellen konnte; erst als es der atomistischen Auffassung gelang, Koeffizienten der Formeln zahlenmäßig zu bestimmen (wie das Verhältnis der spezifischen Wärmen, das Verhältnis der Koeffizienten von Wärmeleitung und innerer Reibung usw.), war ihr Sieg gesichert.

¹⁾ M. Born, Dynamik der Kristallgitter (B. G. Teubner, Leipzig, 1915).

Stroms, ein sogenannter Elektrolyt. Ein solcher unterscheidet sich von einem metallischen Leiter dadurch, daß der Stromdurchgang mit Transport der gelösten Materie verknüpft ist; das zeigt sich daran, daß sich an den Eintritts- und Austrittsstellen des Stroms (den Elektroden) Natrium bzw. Chlor abscheidet. Faraday hat das Gesetz dieses Vorgangs entdeckt; er fand, daß beim Durchgang einer bestimmten Elektrizitätsmenge immer die gleichen Mengen der beiden Stoffe abgeschieden werden, und zwar solche Mengen, die sich chemisch gerade zu der Verbindung NaCl absättigen („äquivalent“ sind). Man deutet das atomistisch durch die Annahme, daß jedes Atom die gleiche Elektrizitätsmenge transportiert; das Na-Atom trägt ein positives, das Cl-Atom ein negatives Elektrizitätsatom, Man nennt solche geladene Atome „Ionen“. Dieses Elektrizitätsatom hat man bei vielen andern Erscheinungen wieder gefunden, allerdings immer nur das negative; man hat es „Elektron“ genannt. Die positive Ladung ist immer an die Materie gebunden. Das neutrale Atom besteht aus einem positiven Kern, der von einer Anzahl von Elektronen umgeben ist. Das Cl-Ion ist gewissermaßen die chemische Verbindung eines neutralen Cl-Atoms mit einem Elektron. Das positive Na-Ion muß man sich dadurch entstanden denken, daß dem Bestande des neutralen Na-Atoms ein Elektron entzogen ist. Die Größe der Ladung des einzelnen Elektrons ist eine bestimmte Naturkonstante, die man auf mannigfaltige Weise bestimmen kann; sie beträgt $e = 4,76 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten.

Wenn man eine solche NaCl-Lösung eindampft, so daß das Steinsalz auskristallisiert, so besteht der Vorgang darin, daß sich die einzelnen Na- und Cl-Atome zu dem oben besprochenen Gitter zusammensetzen. Was wird dabei aus der Ladung der Atome? Tauschen sie diese aus oder behalten sie auch im festen Zustande ihren Ionencharakter?

Die Antwort auf diese Frage hat Madelung⁴⁾ gegeben durch die Deutung einer optischen Eigenschaft der Kristalle wie NaCl. Denken wir uns etwa ein Stück Steinsalz zwischen zwei parallele, geladene Metallplatten gebracht; dann ist das in Fig. 2 dargestellte Gitter einem elektrischen Felde ausgesetzt (Fig. 3). Da nun die Na-Atome positiv, die Cl-Atome negativ geladen sind, werden die ersteren in der Richtung des Feldes, die letzteren in entgegengesetzter Richtung eine Kraft erfahren; diese wird wegen der Festigkeit des Kristallgefüges im allgemeinen nur äußerst kleine Verschiebungen der Na- gegen die Cl-Ionen hervorrufen. Man erinnere sich nun aber an die bekannte Erscheinung der Resonanz; wenn man eine Schaukel im Rhythmus ihrer eignen freien Schwingungen anstößt, kann man sie mit äußerst geringer Anstrengung zu großen Ausschlägen bringen. Ebenso wird ein periodisch wechselndes elek-

⁴⁾ E. Madelung, Nachr. d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl. 1909, 1910.

trisches Feld, wenn sein Rhythmus geeignet gewählt wird, das Kristallgefüge äußerst heftig erschüttern können. Die Lichtwellen sind solche periodischen elektrischen Felder; man wird also erwarten dürfen, daß Licht von geeigneter Schwingungszahl den Kristall merklich beeinflusst und natürlich umgekehrt von ihm beeinflusst wird. *Rubens*¹⁾ hat diese Wirkung tatsächlich entdeckt; er fand, daß sehr langwelliges (nicht mehr sichtbares) Licht von bestimmter Schwingungsdauer von dem Kristall äußerst stark reflektiert wird, während Licht von ein wenig anderer Schwingungsdauer unbeeinflusst hindurchgeht. Durch mehrfache Reflexionen konnte er dieses selektiv reflektierte Licht sauber isolieren und nannte es deswegen „Reststrahlen“.

Die Reststrahlen beweisen die Ladung der Ionen; daß diese bei Kristallen vom Typus NaCl genau eine Elektron beträgt, hat man dadurch zeigen können, daß die Schwingungsdauer sich aus der Elektronenladung, den Massen der Ionen und den meßbaren elastischen Kräften des Kristalls richtig berechnen läßt.

Neuerdings ist die Ionenladung von *Debye* und *Scherrer*²⁾ aber auch direkt durch Röntgen-

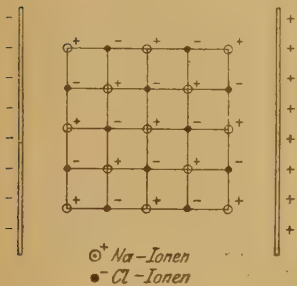


Fig. 3.

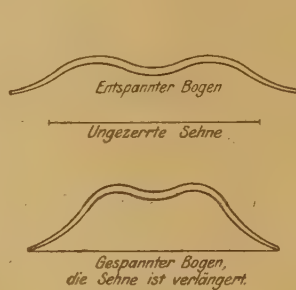


Fig. 4.

aufnahmen nachgewiesen worden. Die Röntgenwellen erschüttern die Elektronen des Atoms und erzeugen dadurch sekundäre Wellen, die von den Atomen ausgehen; diese liefern durch ihre Interferenz die von *Laue* entdeckten Erscheinungen (Fig. 1). Die Stärke der Interferenzflecke wird somit von der Anzahl der in den Atomen vorhandenen Elektronen abhängen; umgekehrt kann man durch Ausmessen der Stärke der Interferenzflecke einen Rückschluß auf die Anzahl der Elektronen der Atome ziehen. Auf diese Weise wurde für den Kristall Lithiumfluorid gefunden, daß das Li-Atom ein Elektron zu wenig, das F-Atom eines zu viel hat gegenüber dem neutralen Zustande. Das Entsprechende gilt unzweifelhaft für alle Salze der Alkalimetalle (Li, Na, K, Rb, Cs) mit den Halogenen (F, Cl, Br, J).

Damit haben wir die Tatsachen gesammelt, die über die Konstitution der Kristalle bekannt

sein müssen, ehe an eine absolute Berechnung ihrer mechanischen Eigenschaften aus den elektrischen Daten gegangen werden kann¹⁾.

Stellen wir uns nun den Steinsalzkrystall mit seinen abwechselnd geladenen Na- und Cl-Atomen vor (Fig. 2), so sehen wir sofort, daß aus den Ladungen notwendig ein Kontraktionsbestreben des Gitters folgt; denn benachbarte entgegengesetzt geladene Teilchen ziehen sich an, gleiche Teilchen stoßen sich zwar ab, aber wesentlich schwächer, weil sie weiter voneinander abstehen und die elektrische Kraft nach dem bekannten Gesetz von *Coulomb* umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung abnimmt.

Die strenge Berechnung dieses Kontraktionsbestrebens ist neuerdings *Madelung*²⁾ gelungen. Er hat folgendes gezeigt: Man denke sich zunächst alle Ionen in unendlicher Entfernung voneinander und baue sie dann unendlich langsam zu dem Kristallgitter zusammen; wegen des Kontraktionsbestrebens leisten sie dabei eine gewisse Arbeit, die von der absoluten Dimension des Gitters abhängt. Ist δ der Abstand zweier längs einer Würfelkante benachbarter gleicher Ionen eines Kristalls vom Typus NaCl, so findet man für diese Arbeit $13,94 e^2/\delta$, wo e die oben genannte Ladung des Elektrons ist.

Warum bleiben nun aber die Ionen in diesem bestimmten, durch δ gemessenen Abstände stehen? Warum stürzen sie nicht ganz zusammen? Das läßt sich offenbar nur durch eine Abstoßungskraft erklären, die bei großer Annäherung wirksam wird und dem Kontraktionsbestreben das Gleichgewicht hält. Überlegungen sehr allgemeiner Art führen darauf, für die Arbeit, die diese Kraft bei dem soeben geschilderten Prozeß der Entstehung des Kristalls aus isolierten Ionen leistet, einen Ausdruck der Form b/δ^n anzusetzen, wo n eine ganze Zahl und b eine Konstante ist; wie nämlich das strenge Kraftgesetz auch beschaffen sein mag, wenn es auf dem Zusammenwirken der elektrischen Ladungen des Atominnern beruht, muß es sich doch mit großer Näherung durch eine solche Formel darstellen lassen.

Die Konstante b aber läßt sich durch den Ionenabstand ausdrücken. Um das einzusehen, betrachte man als Modell für das Gleichgewicht einer kontrahierenden und einer dilatierenden Kraft (Fig. 4) einen Bogen, jene Waffe primitiver Völker. Das Holz strebt sich gerade zu strecken, die Sehne zieht die Enden zusammen. Würde man die Kraft der elastischen Biegung des Holzes und der elastischen Dehnung der Sehne kennen; so würde sich daraus die tatsächliche Gleichgewichtsfigur des Bogens und die Länge der Sehne (die etwa dem Ionenabstand δ analog ist) berechnen lassen. Denkt man sich nun nur die Kontraktionskraft der Sehne, aber nicht die Dilatationskraft des Holzbogens bekannt, aber

¹⁾ *Nichols* u. *Rubens*, Wied. Ann. 60, 438, 1897, *Rubens* u. *Aschkinass*, Wied. Ann. 67, 459, 1899. *H. Rubens*, Wied. Ann. 69, 576, 1899, und viele weitere Arbeiten.

²⁾ *P. Debye* u. *P. Scherrer*, Phys. Zeitschr. 19, S. 474, 1918.

¹⁾ *M. Born* u. *A. Landé*, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 20, 187, 1918.

²⁾ *E. Madelung*, Phys. Zeitschr. 19, S. 524, 1918.

außerdem die Sehnenlänge bestimmt, so kann man umgekehrt die Kraft des Holzbogens aus den beiden gegebenen Größen berechnen. Das entspricht nun genau unserem Falle: die Kontraktionskraft ist bekannt, der Ionenabstand δ läßt sich aus der Dichte und den Atomgewichten einfach berechnen, folglich liefert die Gleichgewichtsbedingung eine Beziehung zur Berechnung der Abstoßung b/δ^n . Unbekannt bleibt dann nur noch der Exponent n .

Bis auf diesen ist also die bei Entstehung des Kristalls aus seinen Ionen geleistete Arbeit vollständig bekannt, und damit sind nach allgemeinen Gesetzen der Dynamik alle von dem Ionenabstand δ abhängigen Eigenschaften des Kristalls mitbestimmt. Setzt man den Kristall einem gleichförmigen, allseitigen Drucke aus, so wird er komprimiert; diese Volumenänderung¹⁾

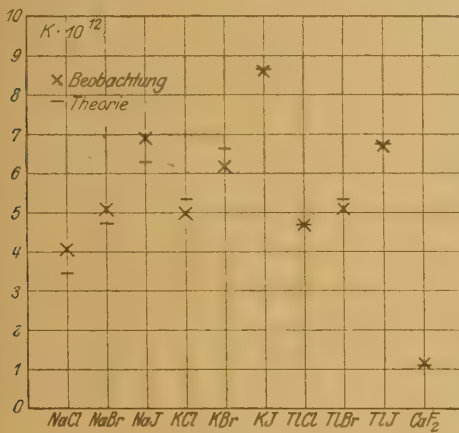


Fig. 5.

hängt offenbar nur von der Änderung des Ionenabstands δ ab, muß sich also aus unseren Prinzipien ableiten lassen. Das Verhältnis der relativen Volumenänderung zu der dazu nötigen Druckzunahme heißt Kompressibilität und wird mit α bezeichnet. Es muß also möglich sein, bei geeigneter Wahl des ganzzahligen Exponenten n dieses α allein aus der Ladung des Elektrons e und dem Ionenabstand δ (der wieder durch Dichte und Atomgewichte gegeben ist) zu berechnen. Mit $n = 9$ hat sich eine sehr gute Übereinstimmung ergeben, die durch Fig. 5 veranschaulicht wird²⁾. Darin sind die von Richards und Jones³⁾ gemessenen Kompressibilitäten in der Einheit 10^{-12} dyn/cm² als Kreuze, die nach unserer Theorie berechneten Werte als Striche eingetragen. Außer 9 Salzen vom Typus NaCl enthält die Figur auch noch den Kristall Flußpat CaF₂, bei dem ebenso gute Übereinstimmung herrscht; das ist besonders

beweisend für die Richtigkeit der Theorie, weil dieser Kristall ein ganz anderes Gitter und daher das Kontraktionsbestreben einen ganz andern Zahlenwert hat ($38,7 e^2/\delta$).

Damit ist der Nachweis erbracht, daß der elastische Widerstand gegen Zusammendrücken auf elektrischen Kräften beruht und im voraus berechnet werden kann. Man wird wohl nicht zögern, dieses Ergebnis zu verallgemeinern.

Es wäre nun noch viel zu sagen über die Bedeutung des Exponenten $n = 9$; dieser Zahlenwert wirft helles Licht auf den inneren Bau der Ionen, die mit großer Wahrscheinlichkeit keine Systeme von ebenen Elektronenringen (nach Bohr) sind, sondern die Form von Würfeln haben. Die Zahl 8 der Würfecken wieder steht wahrscheinlich in engem Zusammenhang mit dem periodischen System der Elemente, dessen ersten beiden Perioden die Länge 8 haben. Auch zeigen sich Beziehungen zwischen chemischen Wärmetönungen und den Ionisierungsspannungen⁴⁾ und manche andere Ausblicke. Doch sind diese Dinge noch zu sehr im Stadium der Entwicklung, um an diesem Orte dargestellt zu werden. Wir können unsere Ausführungen mit der Gewißheit schließen, daß die Wissenschaft ein Stück des Weges vom „mechanischen Äther“ zur „elektrischen Materie“ glücklich überwunden hat.

Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage.

Von Dr. Othenio Abel,

a. o. Professor der Paläobiologie an der Wiener Universität.

(Schluß.)

Wie durch die Untersuchungen Schraders (Sitzungsber. d. Berliner Akad. d. Wiss., 1892) wohl endgültig aufgeklärt wurde, geht die Einhornssage auf die Darstellungen des Ur oder Auerochsen (*Bos primigenius*) zurück, die sich auf altassyrisch-babylonischen Reliefs vorfinden. Diese Darstellungen sind ebenso wie die ägyptischen Wandmalereien und Reliefs streng im Profil wiedergegeben, so daß nur ein Horn abgebildet erscheint. Die Perser ahmten diese Abbildungen nach, ohne das Tier selbst zu kennen, da zur Zeit des Baues des Königspalastes von Persepolis der Ur in Mesopotamien bereits ausgestorben war. Der griechische Arzt Ktesias, Leibarzt von Artaxerxes II., sah diese Darstellungen in Persepolis und brachte von hier die Nachricht von dem merkwürdigen Einhorn nach Hause. Aristoteles, Plinius und Aelianus haben diese Schilderungen übernommen, doch scheint in dieser und in späterer Zeit die Vorstellung des Einhorns durch die auf ägyptischen Reliefs dargestellten Säbelantilopen (*Oryx*) beeinflusst worden zu sein, die in stren-

¹⁾ Bei dem Beispiel unseres Bogens entspricht diese Volumenänderung etwa der Annäherung der Sehnenenden, wenn der Bogen (zum Schusse) gespannt wird. Bei gegebener Spannkraft ist diese Annäherung offenbar durch die elastischen Eigenschaften von Bogen und Sehne völlig bestimmt.

²⁾ M. Born und A. Landé, l. c.

³⁾ Th. W. Richards und Gr. Jones, Journ. Amer. Chem. Soc. 31, 158, 1909.

⁴⁾ Die Ionisierungsspannung ist diejenige Spannung, die nötig ist, um einem Atom ein Elektron zu entreißen; sie ist nach den Untersuchungen von Franck und Hertz (Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 15, 34, 1913) eine charakteristische Konstante des Atoms.

ger Profildarstellung gleichfalls nur mit einem Horne erscheinen, da sich die Hörner in der Seitenansicht decken.

Die aus dem Altertum übernommenen Vorstellungen vom Einhorn wurden in der Scholastikzeit durch lügenhafte Berichte von Reisenden belebt. Manche dieser Reisenden scheinen Nashörner für das sagenhafte Einhorn gehalten zu haben; andere mögen, ihrer Schilderung zufolge, große schwarze Rinder damit verwechselt haben. In der „Cosmographie“ des *Sebastianus Munsterus* (Basel, 1598, p. 1351) findet sich eine Abbildung des Einhorns, die auffallend an die Darstellung von Säbelantilopen auf altägyptischen Reliefs erinnert, wenn von der Krümmung des Horns abgesehen wird; die Figur stellt das Einhorn mit gespaltenen Hufen, also als Paarhufer dar. *Munsterus* behauptet, daß zu seiner Zeit beim „Tempel“ von Mekka zwei lebendige Einhörner gezeigt worden seien, welche die Größe eines Füllens von 30 Monaten hatten.

Im 16. und 17. Jahrhundert ist über das Einhorn viel geschrieben worden. Eine ganze Reihe von „Monocerologien“ hat das Interesse der zeitgenössischen Gelehrtenwelt gefesselt; Beispiele sind die Bücher und Traktate von *Paulus Ludovicus Sachsus* (*Monocerologia seu de genuinis unicornibus. — Raceburgi 1676*), *Th. Bartolinus* (de Unicornu. — Amsterdam, 1678), *M. Christianus Vater* (de Unicornu. — Wittenberg 1679), die ein reges Interesse weiterer Kreise an der Einhornfrage zu dieser Zeit beweisen.

Seitdem man aber das Einhorn nicht nur aus Büchern kannte, sondern seine Reste selbst gefunden zu haben glaubte, stieg der von den Wunderdoktoren genährte Glaube an die Heilkraft des Einhorns außerordentlich. Man hielt selbst kleine Stücke eines solchen „Horns“ für ein unfehlbares Mittel gegen Gift und Biß; *Michael Ettmüller* führt in seinen *Opera medica* (1682, p. 802) aber noch eine Reihe weiterer Heilwirkungen an, die das Einhorn besitzen sollte. Dieses „Unicornu fossile“ oder „Unicornu verum“ meinte man in den Stoßzähnen des Mammuts (*Elephas primigenius*) gefunden zu haben, die in vielen Gegenden Süddeutschlands, z. B. in Schwaben sowie in den von Löß bedeckten Gebieten Österreichs zu häufigen Funden gehören. Solche Stoßzähne wurden als kostbare Raritäten gesammelt und von den Apothekern zu enormen Preisen bezahlt. Aber bald machten sich Fälschungen breit; Narwalzähne wurden von spekulativen Köpfen als Einhörner zum Verkauf gebracht und es bedurfte scharfer Artikel der Gelehrten, um auf den Unterschied zwischen „Unicornu verum“ und „Unicornu falsum“ aufmerksam zu machen. Das dem Einhorn des englischen Wappens aufgesetzte Horn ist ein Narwalzahn.

Noch heute tragen manche Apotheken Deutschlands Schild und Namen aus dieser Zeit des Einhornglaubens, wie die Einhornapotheke in Würzburg. Aber schon 1714 klagt *Valentini* über den

Preissturz des Unicornu fossile, das nur mehr nach dem Pfund um wenige Taler bezahlt werde, „und es sei fast keine Offizin mehr zu finden, in der nicht Unicornu verum aufgehängt sei, aber nicht mehr in Gold und Silber, wie ehemals, sondern an eiserner Kette. Die Kraft des Einhorns gegen Gift und Biß bewährte sich, scheint es, schlecht, und sein hohes Ansehen ist verschwunden bis zur heutigen Stunde“ (*O. Fraas*).

Noch immer aber lebt im Volke, wenn auch sehr vereinzelt, die Vorstellung dieses Fabeltiers fort, und der niederösterreichische Bauer im Lößgebiet des Marchfeldes nennt (nach einer Mitteilung von Prof. Dr. R. Much) die von ihm ausgegrabenen Mammutstoßzähne noch heute das „Horn von an Qang'hörn“.

Wir besitzen auch eine Rekonstruktion des Einhorns, die vom Erfinder der Luftpumpe, *Otto von Guericke*, stammt. Er hatte 1663 am Zeunickenberge bei Quedlinburg ein Haufwerk von Knochen und Zähnen ausgegraben, das er kühn zu einem Monstrum zusammenfügte und dessen Abbildung er an den Philosophen *Leibniz* sandte. In dessen posthumer „Protogaea“ (1749) sie zum ersten Male veröffentlicht wurde. Dies ist die älteste Skelettrekonstruktion eines fossilen Wirbeltiers, wenn wir von den Lindwurm- und Drachensbildern absehen, von denen noch die Rede sein wird.

Eine sehr große Bedeutung besitzen die Zähne und Knochen fossiler Säugetiere noch heute in der chinesischen Medizin. Die Chinesen unterscheiden die fossilen Säugetierzähne als *Drachenzähne* (Lung-tschih) und die fossilen Säugetierknochen als *Drachenknochen* (Lung-ku). In den pliozänen und pliozänen Ablagerungen des chinesischen Reiches scheinen fossile Säugetierreste in großen Mengen vorzukommen und sie sind von den Chinesen auch außerhalb Chinas gesammelt worden. Die hauptsächlichsten Fundplätze liegen jedoch im Inneren Chinas, wo die Knochen entweder in Tonen und anderen lockeren Schichtgesteinen oder in Höhlen begraben liegen.

Ein Jahresbericht der chinesischen Zollbehörden vom Jahre 1885 besagt, daß an allen Hafenplätzen Chinas in diesem einen Jahre nicht weniger als 20 Tonnen (= 350 Picul) Lung-ku und Lung-tschih verfrachtet wurden. Und wenn auch zu berücksichtigen ist, daß vielleicht in diesen Angaben ein und dasselbe Quantum wiederholt in Rechnung gestellt erscheint, so bleibt doch eine gewaltige Menge übrig, die bei jedem Paläontologen ein lebhaftes Bedauern erwecken wird, weil diese Funde nicht dazu bestimmt sind, in Museen aufbewahrt zu werden, sondern als eines der Hauptarzneimittel der chinesischen Bevölkerung leider der Vernichtung anheimfallen.

Der Handelspreis dieser fossilen Säugetierreste ist ein verhältnismäßig hoher. Nach einer Mitteilung von Dr. K. A. Haberer an M. Schlosser (Abhandl. d. bayr. Akad. d. Wiss., 1902) schwankt der Preis je nachdem, ob es sich um große, weiße

Drachenzähne (Fun-lung-tschih) oder um kleine, schwarze Zähne (Tsing-lung-tschih) handelt; das Kilo kommt etwa auf 2—3 Mark zu stehen (1 Piccul für 20—30 Tael), während Knochen niedriger bewertet werden (1 Kilo für 1 Mark, d. i. 1 Piccul für 10 Tael).

Die fossilen Reste werden jedoch von den Kaufleuten häufig mit rezenten Knochensplintern und Zähnen durchmischt und verfälscht. Leider werden sie von den Händlern meist in kleine Stücke zerschlagen, so daß es schwer ist, auf diesem Wege größere und vollständigere Reste zu erwerben; die Fundplätze werden meist geheim gehalten.

Die „Drachenknochen“ und „Drachenzähne“ sollen nach der Vorstellung der Chinesen von Drachen herrühren, die infolge Mangels an Wolken und Regen nicht mehr imstande waren, sich zum Himmel emporzuschwingen.

Die Heilkräfte der „Drachenknochen“ sind in einem medizinischen Werke aus der Zeit des Kaisers Ch'ienhung (1736—1796) ausführlich angegeben. Sie gelten fast als ein Universalheilmittel und sollen besonders wirksam sein gegen Verstopfung, Epilepsie, böse Träume, Fieber, Ruhr, Schwindsucht und Hämorrhoiden, Atmungsbeschwerden, Blasenkrankheiten und Geschwüre. Die Zubereitung der Drachenknochen ist sehr verschieden; meist werden sie mit kaltem oder warmem Reiswein (Samschu) vermischt oder mit Fett geröstet oder auch roh genossen. Unter den Leiden, welche die Drachenknochen heilen sollen, werden auch Herz-, Nieren-, Darm- und Leberleiden angeführt; beim sonst gesunden Menschen sollen sie die Lebenskraft erhöhen und besonders in Fällen von Arteriosklerose und Neurasthenie zu empfehlen sein.

Tritt uns in den bisher besprochenen Anschauungen von der Heilkraft fossiler Tierreste ein buntes Gemisch von fratzenhaftem Aberglauben und Quacksalberei entgegen, so ist doch in einem einzigen* Falle die Heilkraft einer von fossilen Tieren herrührenden Medizin noch heute anerkannt; dies betrifft das Ichthyol aus den Fischeiern Nordtirols, das allgemein als sehr wirksames Mittel gegen rheumatische Erkrankungen gilt. Die ersten Nachrichten über das Ichthyol, d. i. Erdöl aus den triadischen Asphaltschiefern von Seefeld in Tirol, bringt der „Tiroler Landreim“ (1557—1558), wo im Zusammenhang mit der Drachensage und Riesensage des Klosters Wilten von dem auf dem „Zierler-Perg“ auftretenden „*Thuerschen-Pluet*“ (d. i. *Riesenblut*), *Bitumen zuo Latein*“ die Rede ist. In *Burglechners* „tirolischen Adler“ (1620) kehrt der „Thürsenbach“ und das „Thürsenbluet“ wieder. Auch *Schmeller* führt in seinem „Bayerischen Wörterbuch“ ein „Thürsenöl“ an und nennt als Fundort das bayerische Achental.

Dieses „Thürsenbluet“ von Seefeld in Verbindung mit der Drachen- und Riesensage von Wilten in Tirol führt uns zur Erörterung der

Drachen-, Lindwurm- und Riesensagen, die fast ausnahmslos auf die Funde vorzeitlicher Tierreste zurückgehen oder doch durch solche Funde ihre Ausgestaltung und Umformung erfahren haben, soweit ihre Wurzeln viel weiter zurückreichen und nicht unmittelbar mit Fossilfunden verknüpft sind.

Eine der ältesten *Riesensagen* ist uns durch die Odyssee überliefert, in der Schilderung der einäugigen Zyklopen und des Riesen Polyphem. Man ist in dem Bestreben, den realen Kern der Polyphemsage herauszuschälen, auf weite Abwege geraten; *Zell* hat sogar wahrscheinlich zu machen versucht, daß Odysseus mit einem Gorilla zusammengetroffen sei, und andere haben die Meinung vertreten, daß Fälle von sogenanntem Zyklopismus, wie er z. B. bei Schweinen beobachtet ist, die Entstehung der Sage veranlaßt hat. Ich habe (Kultur der Gegenwart, III. Teil, Abt. IV, 4, 1914, p. 303) darzulegen versucht, daß es sich bei dem Kern der Polyphemsage aller Wahrscheinlichkeit nach um Funde von Zwergelfantenschädeln (*Elephas mnaidriensis*) in sizilianischen Knochenhöhlen handelt.

In den unweit des Meeresstrandes gelegenen Höhlen der Gegend von Messina und anderen Stellen Siziliens, z. B. bei Palermo und Trapani, sind zahlreiche Reste von Zwergelfanten gefunden worden, die der Plistozänzeit angehören. Schon *Empedokles* (492—432 v. Chr.) berichtet über solche Funde und hält sie, wie noch *A. Kircher* im „*Mundus subterraneus*“ (1664), für Reste eines erloschenen Titanengeschlechtes.

Betrachtet man den Schädel eines Elefanten von vorne, so fällt zunächst die querstehende, brillenförmig umgrenzte Nasenöffnung unter der Stirn auf, also an der Stelle, wo der Mensch die Augenhöhlen trägt. Der Elefant war dem Seefahrer der odysseischen Zeit, also den homerischen Helden der mykenischen Kulturepoche, jedenfalls gänzlich unbekannt. Kein anderes Tier zeigt eine auch nur entfernte Ähnlichkeit mit dem Schädel eines Elefanten. So mußte der erste Entdecker eines solchen Schädels mit dem riesigen Loch quer unter der Stirne zu der Vorstellung eines einäugigen Ungetüms gelangen.

Wahrscheinlich brachten Seefahrer, die in den Strandhöhlen Siziliens Schutz vor Unwetter suchten, die erste Kunde von diesen Ungetümen in die Heimat. Spätere Zutaten der Volkssage mögen aus diesen Berichten den lebendigen Riesen und die Schilderung seiner Bekämpfung hinzugefügt haben, so wie wir dies auch an Funden vorzeitlicher Tiere auf dem Boden Deutschlands im Mittelalter und in späterer Zeit nachzuweisen vermögen.

Ebenso wie Funde großer vorzeitlicher Säugtiere auch heute in eiszeitlichen oder tertiären Ablagerungen nicht zu den Seltenheiten gehören, sind schon im Altertume derartige Entdeckungen gemacht worden. Solche Berichte finden wir bei verschiedenen alten Schriftstellern;

Herodot erzählt von dem Funde eines sieben Ellen langen Skelettes bei einer Brunnen-grabung in Tegea, das ein Schmied entdeckt hatte. Die Spartaner erkannten in dem Skelette das des Riesen Orestes und stahlen es nächtlicher Weile, da die Pythia geweissagt hatte, daß die Spartaner siegen würden, wenn sie sich die Gebeine des Orestes, des Sohnes Agamemmons, verschafften. Ein bei Milet gefundenes, 10 Ellen langes Gerippe hielt *Pausanias* für die Gebeine des Telamoniers Ajax. Kaiser Augustus besaß eine stattliche Sammlung von „Riesen-Knochen“ in seiner Villa auf Capri, wo sie *Suetonius* noch zur Zeit des Kaisers Hadrian sah; alle diese Funde sind wohl zweifellos als Reste tertiärer oder quartärer großer Säugetiere, meist wohl als Elefantenreste zu deuten. Sicher war es ein Mastodonzahn, den der heilige *Augustinus* zu Utica sah; er schildert ihn als einen Zahn mit Hügeln wie ein Menschenzahn, aus dem man 100 Menschenzähne hätte machen können.

Die zahlreichen Funde großer Knochen in den oberflächlichen Schichten des Erdbodens, die in Deutschland, Österreich, Frankreich, Italien, in der Schweiz und an anderen Orten während des Mittelalters und der späteren Zeit gemacht wurden, sind fast ausnahmslos mit Riesen oder Drachen, meist aber mit Riesen in Verbindung gebracht worden. An vielen Orten wurden und werden noch solche Knochen und Zähne als Reste des heiligen Christophorus verehrt, wie in Valencia; andere Funde wurden als die Gebeine des im Kampfe gegen Marius gefallenen Cimbernkönigs Teutobochus erklärt, wie das heute noch im Jardin des Plantes in Paris aufbewahrte Dinothieriumskelett aus dem Tertiär des Chaumontel Feldes in der Dauphiné, das zur Zeit Ludwigs XIII. (am 11. Januar 1613) entdeckt wurde und das ein Arzt namens *Mazurier* an sich brachte, der es in einem ausgemauerten Grabmal gefunden zu haben vorgab. Das „Riesentor“ der Stephanskirche in Wien verdankt seinen Namen einem 1443 gefundenen und noch heute in der Wiener Universitätsammlung aufbewahrten Oberschenkelknochen eines Mammut; auch die im Benediktinerstifte Kremsmünster in Oberösterreich aufbewahrten, im Jahre 1645 bei Schanzgrabungen von den Schweden bei Krems entdeckten Knochen des „Kremser Riesen“, sind Mammutreste; der „Luzerner Riese“, über den *Felix Plater* berichtet und der 1557 unter den Wurzeln einer vom Sturme gefällten Eiche beim Kloster Reyden in der Schweiz zum Vorschein kam, ist wohl gleichfalls ein derartiges fossiles Säugetier gewesen. So haben viele Orte Mittel- und Südeuropas ihre lokalen Riesensagen, die auf Fossilfunde zurückgehen.

Spanische Missionäre haben diese Sagen auch auf den Boden Südamerikas verpflanzt. Der Franziskaner *Torrubia* berichtet in seiner „Gigantologie espagnole“ (Apparato para la Historia

natural espaniola, T. I., p. 54 und 79) von Riesenknöchelfunden aus Mexiko und Peru.

Aber auch andere, von Pilgern oder Kreuzfahrern in die Heimat gebrachte Raritäten gaben Veranlassung zur Entstehung von Riesensagen und Tierfabeln. So geht die Gründungssage des Klosters Wilten bei Innsbruck, in welcher der Riese Heymo eine Rolle spielt, worüber der älteste Bericht aus den Jahren 1240—1256 vorliegt, auf das Rostrum eines Schwertfisches (*Histiophorus gladius*) zurück, der jetzt im Ferdinandeum zu Innsbruck aufbewahrt wird. Der Dominikanermönch *Felix Faber* berichtet, daß er 1484 im Kloster Wilten eine „Drachenzunge“ gesehen habe. An die Schilderung dieses „Beweisstückes“ schließt er den Bericht über den Riesen, der den Drachen erschlug. Dessen Blut ist eben das früher erwähnte „Thürschenpluet“, das Erdöl aus den Asphalt-schiefern von Seefeld. So verknüpfen sich verschiedene Überlieferungen und Vorstellungen schließlich zu einer einheitlich erscheinenden Volkssage und es ist kein Zweifel, daß wirkliche, aber unrichtig gedeutete und übertriebene Fossilfunde in den meisten Fällen den Kern solcher Sagen bilden. Glücklicherweise ist uns in diesem Falle wie in vielen andern das „drakenhöltumb“ erhalten geblieben, über dessen Schicksale in Geschichte und Sage wir *Josef Seemüller* (Zeitschrift des Ferdinandeums in Innsbruck, 1895) einen eingehenden Bericht verdanken.

Auch die *Lindwurmsagen* sind in den meisten Fällen auf Funde fossiler Wirbeltiere zurückzuführen. Entweder waren es Funde eiszeitlicher großer Säugetiere oder Funde von Reptilskeletten, wie sie in den mesozoischen Schichten Deutschlands nicht selten sind.

Der „Klagenfurter Lindwurm“ ist noch heute erhalten; es ist der Schädel eines um die Mitte des 16. Jahrhunderts in der „Drachengrube“ des Zolfeldes in Kärnten gefundenen wollhaarigen Nashorns (*Rhinoceros antiquitatis*) und wird in der städtischen Sammlung zu Klagenfurt aufbewahrt. Im Jahre 1590 verfertigte ein Steinmetz das auf dem Stadtplatze von Klagenfurt aufgestellte Denkmal des Lindwurms, dem er einen Krokodilleib und Flügel gab, während er sich in den Umrißlinien des Kopfes sichtlich an den fossilen Nashornschädel hielt.

Die Kombination von Krokodilleib und Fledermausflügeln ist nicht geistiges Eigentum des Klagenfurter Künstlers. Da zu dieser Zeit *Gesners* „Schlangenbuch“, wie die anderen Werke dieses Autors, besonders die „*Historia animalium*“ (1550—1587) als naturwissenschaftliches Evangelium galten, ist auch das Lindwurmdenkmal von der Darstellung der im „Schlangenbuche“ (S. 43) mitgeteilten Abbildung der „fliegenden Schlange“ zweifellos beeinflusst worden.

Die Fabel vom *Basiliken*, die im Mittelalter weit verbreitet war und sich ebenso wie die von geflügelten Schlangen bis in das Altertum zurückverfolgen läßt, erhielt durch Unglücksfälle in

Höhlen, Brunnen und Kellergewölben immer neue Nahrung. Entweder waren es Schwefelwasserstoffgase, wie im Falle des „Wiener Basiliken“, der im Jahre 1212 im Brunnen des Hauses Schönlaterngasse 7 in Wien sein Unwesen trieb, aber erlegt wurde und noch heute am Hause eingemauert ist (es ist eine eigentümlich geformte Sandsteinkonkretion aus den Congerienschichten, die schwefelwasserstoffhaltiges Wasser führen), oder es waren Kellergase und Kohlensäureexhalationen in Kellern und Höhlen, welche die Eindringenden betäubten. Obwohl C. Gesner noch am Glauben an den Basiliken festhielt, gibt er doch der Wahrheit die Ehre, wenn er schreibt:

„Aber daß die gemeinen leute glauben / daß in vnsenr landen ein söllich schedlich thier von dem außbrüten der krotten herkomme / und lige in den verborgnen löchern / und töde die leut / wenn sie in sölche löcher und die erden gehen / ist weyber täding und ein falscher wahn. Daß ettliche leut sterben wenn sie in solche löcher kommen / geschieht darumb / daß daselbst vil böser dünsten / wüst gestanck / schimlige / und gifttge dämpff von dem verschlossnen luftt entspringen und auffsteigen / die dem menschen den atthem erstecken / unnd oft gar töden. Darzu ohne zweyffel oft auch helfen kan / gifttiger tieren athem / so in den tieffen hölen verborgen ligen“ („Schlangenbuch“, S. 28).

Von den „fliegenden Schlangen“, die von den Gelehrten der Scholastenzzeit überall vermutet wurden, berichtet schon Herodot. Es ist von großem Interesse, seinen Bericht kritisch zu prüfen; es geht aus ihm mit voller Klarheit hervor, daß es sich auch in diesem Falle um Funde fossiler Wirbeltiere handelt, wie ich 1915 (Verhandl. d. k. k. zool.-bot. Ges. Wien, 65. Bd., p. (115) — (117)), nachwies.

Nach Herodot (II. Bd., Kap. 75) sollen in der Nähe der alten (von den Archäologen vergebens gesuchten und in den östlichen Teil des Nildeltas verlegten) Hauptstadt Unterägyptens Buto in jedem Frühjahr fliegende Schlangen auftreten. Diese Ungeheuer sollen nach einer an Herodot berichteten Sage aus Arabien kommen und in Ägypten einzudringen versuchen; sie werden jedoch jedesmal in einem Hohlwege, der von den Felsenbergen nach der Wüstenebene herabzieht, von den rasch herbeieilenden heiligen Ibissen überfallen und vernichtet. Herodot, der sich an Ort und Stelle von der Richtigkeit dieser Angaben zu überzeugen wünschte, wurde von den ansässigen Arabern in den Hohlweg geführt, wo er die Skelette der getöteten Schlangen vorfand, und zwar konnte er große, mittlere und kleinere Haufen von „Akanthai“ (d. i. Wirbelfortsätze, übertragen = Wirbelsäulen) an diesem Fundorte feststellen. Zweifellos handelt es sich um den an fossilen Knochen sehr reichen Horizont 5a der oberen Mokattamstufe Ägyptens, die dem oberen Eozän angehört. Nach der Schilderung der Lokalität

kann es sich nur um den Ostabfall des Mokattamgebirges handeln, was auch mit der von Herodot angegebenen Entfernung stimmen würde. Da im Frühjahr aus diesen Bildungen die Knochen in größerer Zahl auszuwintern pflegen und Herodot die „Akanthai“ in der Tat in diesem Hohlweg fand, so scheint damit das Rätsel von der Entstehung dieser Fabel gelöst. Die Stadt Buto würde nach diesen Erwägungen nicht im Deltaland, sondern am Ostabhange des Mokattamgebirges zu suchen sein.

Die verschiedenen Funde fossiler Wirbeltiere, wie die häufigen Funde von Ursus spelaeus (Höhlenbär) in den Höhlen Deutschlands haben der Lindwurmfabel immer neuen Stoff zugeführt und die Sagen von den Kämpfen mit Drachen wiederholt neu belebt. Der Aufenthaltsort solcher Ungetüme sind ja angeblich zumeist Steinklüfte oder Höhlen gewesen. So erklärt es sich, daß noch im 18. Jahrhundert ein bei Kremsmünster in Oberösterreich gefundener Höhlenbärschädel als „Drachenschädel“ betrachtet wurde. In mittelalterlicher Zeit sind solche Funde sowohl von den Entdeckern als auch von den alles Abergläubische und Abenteuerliche blindlings übernehmenden Volksschichten übertrieben und mit den seltsamsten Zutaten ausgeschmückt worden.

Der Drachenfund am Pilatus in der Schweiz, von dem Ath. Kircher im 2. Bande des „Mundus subterraneus“ (1678, p. 117) berichtet, geht wahrscheinlich gleichfalls auf die Entdeckung eines fossilen Wirbeltierrestes zurück, ebenso auch der Drachenfund am Mummelsee (Wildsee), ohne daß es jedoch in diesen Fällen möglich wäre, etwas genaueres zu ermitteln. Die Drachenknochenfunde in Höhlen des Rötels an der Mur, von denen A. Kircher an derselben Stelle erzählt, sind wohl zweifellos auf einen Höhlenbärenfund zurückzuführen, ebenso wie die Fabel von den dort hausenden Riesen früherer Zeiten, von denen „ossa quamplurima, modicum fodicata terra“ gefunden worden sein sollen.

Auch die bildnerische Darstellung der Lindwürmer ist, wie wir schon beim Klagenfurter Lindwurm sahen, durch Funde fossiler Wirbeltiere stark beeinflusst worden. Hierher gehört wohl auch die eigentümliche, spitze Flossenform der Drachenflügel in der Darstellung eines „Drachenkampfes“, die sich im „Mundus subterraneus“ A. Kirchers (1678) findet. Hier kämpft ein Ritter mit einem Drachen, dessen kleiner Schädel einem langen, schlangenähnlichen Halse aufsitzt; auf dem Rücken des Drachen stehen zwei lange, schmale und spitze Flügel. Die allgemeine Körperform dieses Drachens in Verbindung mit den „Flügeln“ erinnert in so hohem Grade an die Körperform und Flossengestalt eines Plesiosaurus, daß kaum an einen Zufall zu denken ist. In den Liasschiefern Schwabens sind solche Skelette fossiler Reptilien wohl auch in früherer Zeit gefunden worden, und es liegt die

Annahme nahe, daß sie für die Vorstellung von der Existenz spitzflügeliger Drachen bestimmend gewesen sind. Die Plattenindustrie, bei der heute noch zahlreiche Fossilfunde gemacht werden, ist uralte, und Trümmer auf der Hohenstaufenburg zeigen, daß dort schon bei Gründung der Wiege des alten Kaisergeschlechtes Platten gewonnen wurden, wie *O. Fraas* (1866) hervorhebt. Auch verschiedene in Stein gehauene Fratzen aus der Blütezeit der romanischen und gotischen Baukunst sind wahrscheinlich auf Funde fossiler Schädel zurückzuführen. Die zahlreichen „Drachenlöcher“ und „Drachenhöhlen“ in verschiedenen Gegenden Deutschlands und Deutschösterreichs, die „Drachengrube“ im Zollfeld bei Klagenfurt usw. erinnern an die Zeit, in der unsere Vorfahren in den Funden fossiler Wirbeltiere Drachen und Lindwürmer zu sehen meinten, ebenso wie verschiedene Ortsnamen, an deren Zusammensetzung „Riesen“ beteiligt sind, an die Zeiten gemahnen, in denen man in Knochen des eiszeitlichen Mammuts Riesengebeine zu sehen vermeinte.

Es hat lange gedauert, bis sich eine unbefangene Anschauung der fossilen Tierreste Bahn brach und man aufhörte, in ihnen Fabelwesen oder *Lusus naturae* (Naturspiele) oder heilkräftige Wundergebilde zu sehen. Freilich hat sich schon zu alter Zeit mancher freiere Geist seine eigenen Vorstellungen gebildet, wie *Lucilio Vanini* (1585—1619), der in seinem „*Amphitheatrum aeternae providentiae*“ (1615) den Ausspruch wagte, daß ein einziger Floh mehr Kraft habe als alle kostbaren Steine mit ihren Steinfiguren zusammengekommen. *Vanini* starb, der Ketzerei angeklagt, vor genau dreihundert Jahren, am 19. Februar 1619 zu Toulouse im Alter von vierunddreißig Jahren den Feuertod.

Besprechungen.

Wiedemann, E., und F. Hauser, *Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen*. Nova Acta. Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Bd. CIII Nr. 2. S. 163—202 und 10 Figuren.

Im Jahrgang 1916 dieser Zeitschrift (S. 410) wurde bereits eine Arbeit der gleichen Verfasser besprochen: „Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur“. In dieser Arbeit haben die Verfasser auf eine dem Archimedes zugeschriebene Uhr hingewiesen, über die sie sich nun eingehender verbreiten auf Grund zweier arabischen Handschriften in Paris und London und einer kleineren, nur den Anfang enthaltenden, in Oxford. Die Verfasser haben sich jedenfalls große Mühe um die Entzifferung und klare Deutung des Textes gegeben und man kann wohl sagen, daß es ihnen gelungen ist, ein anschauliches Bild von dieser überaus komplizierten Vorrichtung zu entwerfen.

In den Vorbemerkungen erfährt man, daß sich bei Archimedes selbst keinerlei Andeutungen über das Werk vorfinden und daß wir erst auf dem Umweg über die arabische Übersetzung davon — wie von so manchen anderen Errungenschaften der Griechen — Kenntnis erhalten haben. Da der Text in seiner natürlichen

Unbeholfenheit auch im Verein mit den teilweise sehr primitiven Zeichnungen nicht immer ganz leicht verständlich ist, geben die Verfasser zunächst eine große Übersichtsfigur der ganzen Anlage in Gestalt einer zeichnerischen Rekonstruktion mit den nötigen Erklärungen. Man ist erstaunt über diesen sinnreichen und verwinkelten Mechanismus und fühlt sich mehr und mehr angezogen von der Fülle der Einzelheiten — „Spielereien“ würde mancher moderne Mensch vielleicht urteilen —, mit denen der Verfertiger der Uhr in naiver Freude über seine mechanische Geschicklichkeit sein Werk ausgestattet hat. Sicherlich wird es manchem einen Genuß bereiten, die im allgemeinen wohlgelungene Übersetzung des arabischen Textes eingehend zu studieren an Hand der nach beiden Handschriften reproduzierten Figuren. Die zahlreichen Fußnoten bemühen sich dem Verständnis möglichst entgegenzukommen und über die arabischen Spezialausdrücke Aufklärung zu geben.

Dem Prinzip nach handelt es sich um eine Wasseruhr, bei der aus einem großen Behälter Wasser durch eine kleine Öffnung langsam und möglichst gleichmäßig abfließt. Der verstrichene Zeitraum wird sowohl gemessen durch die Menge des ausgeflossenen Wassers — indem ein an einem Hebel durch ein Gewicht ausbalancierter Löffel sich senkt und entleert, sobald das in ihn geflossene Wasser das Gegengewicht aufhebt —, als auch durch die Senkung des Niveaus in dem Wasserbehälter — angezeigt durch einen mit der Wasseroberfläche sich senkenden Schwimmer, der durch Schnüre mit den einzelnen Mechanismen der Uhr in Verbindung steht. — Ganz besonderer Beachtung wert erscheint nun dem Referenten die Vorrichtung, die an der Uhr angebracht ist, um den Abfluß des Wassers entsprechend der Zeiteinteilung der Alten zu regeln. Da nämlich sowohl der Tag wie die Nacht je für sich 12 Stunden zählten, waren nicht nur die Tag- und Nachtstunden von verschiedener Länge, sondern die Länge der Stunden variierte auch mit der Jahreszeit. Durch eine sinnreiche Einrichtung, bei welcher an einem geteilten Halbkreis die Abflußröhre entsprechend der Stellung der Sonne im Tierkreis eingestellt wird, ist es erreicht, daß das Wasser mehr oder weniger rasch abfließt, der Ablauf des Uhrwerkes also rascher oder langsamer vor sich geht.

Eine Reihe von Nebeneinrichtungen werden teils von dem mit dem Wasser sich senkenden Schwimmer, teils von dem abfließenden Wasser in Betrieb gesetzt. Da seit ein Rabe alle Stunden eine Kugel aus, die auf eine Zymbel fällt und so einen Glockenschlag hervorruft; eine mit verschiedenfarbigen Steinen besetzte Rolle versieht einen am Gehäuse angebrachten Menschenkopf mit immer neuen Augen; gefesselte Männer werden der Reihe nach von einem Henker enthauptet; Flügeltüren öffnen sich und lassen Reiter erscheinen; aus zwei Bergen kommen Schlangen hervor und lassen Sperlinge auf einem Baum laut aufkreischen. Die Stunden selbst werden durch Männchen angezeigt, die sich an Säulen mit Marken auf- und abbewegen. Manche Einzelheit der Einrichtung bleibt zwar unklar, aber im ganzen gewinnt man doch eine anschauliche Vorstellung.

Im letzten Teil der Arbeit werden noch zwei Einrichtungen besprochen, welche offenbar zum Messen kürzerer Zeiträume dienten. Da der Text sehr unklar ist, begnügen sich die Verfasser mit einer Inhaltsangabe und einer ungefähren, manchmal auf Mutmaßungen gestützten Rekonstruktion. Doch verfolgt

man auch hier mit Interesse das Spiel der rollenden Kugeln und ist den Verfassern dankbar, daß sie mit so viel Mühe und Geschick die Kenntnis dieser Einrichtungen vermitteln.
H. Kienle, München.

Zuschriften an die Herausgeber. Lichtmessungen an Planetenscheiben.

Eine Mitteilung in Heft 51 der „Naturwissenschaften“ (6, 760) berichtet über die von E. Schönberg in Dorpat ausgeführten Lichtmessungen an Planetenscheiben, und der Referent hebt ausdrücklich hervor, daß diese namentlich wegen des angewandten neuartigen Instruments von Interesse seien. Die betreffende Arbeit war im Jahre 1914 in Dorpat erschienen. Schon vier Jahre früher habe ich jedoch in den Astron. Nachrichten Nr. 4431 (August 1910) genau dasselbe Instrument beschrieben und die mit ihm bei der Beobachtung des Halleyschen Kometen, der Milchstraße, des Ringnebels und des Planeten Jupiter gewonnenen Resultate veröffentlicht. Ich habe dort überhaupt zuerst auf die große Bedeutung der Messung von Flächenhelligkeiten aufmerksam gemacht. Leider konnte ich diese Beobachtungen in Göttingen nicht fortsetzen, da hier ein Refraktor von hinreichend großer Brennweite fehlt.

Göttingen, den 22. Januar 1919.

J. Hartmann.

Berichtigung zum Dialog über die Relativitätstheorien.

Nachdem Herr Einstein zu einigen Einwänden gegen die Relativitätstheorien Stellung genommen¹⁾ hat, ist es von Interesse, seine Darlegungen näher zu untersuchen und zu berichtigen. Die Sache kann kurz erledigt werden.

1. Der „Relativist“, den Einstein mit einem „Kritikus“ sich unterhalten läßt, äußert sich zunächst zu meinem, gegen die alte, spezielle Relativitätstheorie erhobenen Einwand²⁾: Wenn von zwei Uhren A und B, die anfangs nebeneinander liegen und völlig gleiche Zeiten anzeigen, die eine, etwa B, von A fort- und wieder zurückbewegt wird, so muß sie gemäß der Theorie nachgehen; aus diesem Schluß habe ich seinerzeit einen Widerspruch mit dem Prinzip der Relativität hergeleitet. Einsteins Relativist erkennt die Richtigkeit des Schlusses an, daß die Uhr B gegen die Uhr A nachgeht, und wendet sich ausdrücklich gegen solche „Autoren, die diesem unvermeidlichen Ergebnis ausweichen wollten“. Insoweit also, sind Herr Einstein und ich durchaus einig. Wenn nun aber der Relativist auf eine Erklärung des Nachgehens übergeht und auf die Beschleunigungszustände hinweist, in denen die Uhr B im Gegensatz zu A sich befunden habe, so ist hierzu zweierlei zu bemerken. Erstens ist unverständlich, was diese Beschleunigungen mit dem Nachgehen zu tun haben sollen, wo doch der Betrag, um den B nachgeht, durch die unbeschleunigte, gleichförmige Bewegung gegeben ist; man kann immer, z. B. durch genügende Länge des mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegten Weges, einen von dem Ruck im Umkehrpunkt oder Endpunkt der Bewegung herrühren-

den Anteil des Nachgehens auf beliebige Kleinheit gegenüber dem Anteil aus der gleichförmigen Bewegung herabdrücken. Weitere, aus dieser Wendung des Relativisten folgende Konsequenzen zu erörtern, erübrigt sich um so mehr, als zweitens der Grund, des Nachgehens hier überhaupt nicht in Betracht kommt. Es handelt sich gar nicht um die Frage, warum die Uhr B nachgeht, sondern darum, daß sie nachgeht. In der Anerkennung des Nachgehens von B liegt inbegriffen, daß der Uhr B das Prädikat der Bewegung zugesprochen werden muß, daß also die Uhr B vor der Uhr A ausgezeichnet ist. Es ist nicht mehr möglich, umgekehrt zu behaupten, A habe sich bewegt und B habe geruht. So gibt auch der Relativist zu, daß „von zwei nebeneinander ruhend angeordneten Uhren nicht jede gegenüber der anderen nachgehen könne“. Die Gleichberechtigung der Uhren wird aufgehoben, und damit wird auch die Gleichberechtigung ihrer Bewegungen aufgehoben, das Prinzip der Relativität wird durchbrochen. Statt also dem Relativisten zuzugestehen, daß er „den Einwand unwirksam gemacht“ habe, hätte ein klügerer Kritikus als der von Herrn Einstein bestellte sich in obigem Sinne geäußert. Wie die Antwort des Relativisten nunmehr ausgefallen wäre, weiß vielleicht Herr Einstein. Ich will noch bemerken, daß man natürlich die Unterhaltung fortspinnen kann, daß man auch, wie ich dies früher tat, ein Beispiel, in dem überhaupt keine Beschleunigungen vorkommen, betrachten kann. Immer aber stößt man auf einen inneren Widerspruch, den man nicht los wird, mag man die Sache wenden, wie man will.

2. Bezüglich der neuen, allgemeinen Relativitätstheorie setzt der Relativist auseinander, daß ebenfalls „die Systeme K und K' (entsprechend den oben genannten Uhren) mit Bezug auf den betrachteten Vorgang keineswegs gleichberechtigt sind“, und er legt dar, welche Beschleunigungen und Gravitationsfelder vorhanden sind, wie wir uns aber andererseits „ebenso gut des Koordinatensystems K' bedienen können, als des Koordinatensystem K“. Also Relativität hat jetzt den von mir früher¹⁾ erörterten, in der ursprünglichen, speziellen Relativitätstheorie nicht enthaltenen Sinn, auf den, wie ich zeigte, zuerst Minkowski hingedrängt wurde. Ich will mich nicht wiederholen und verweise in diesem Zusammenhang auf meine genannte frühere Abhandlung. Hier sei nur folgendes bemerkt: Der Relativist, den Herr Einstein sprechen läßt, hat eine Eigentümlichkeit: er versteht es zwar, bis zu den Formeln und mathematischen Begriffen zu abstrahieren, aber er läßt die philosophische Ader vermissen, die ihn befähigte, über die Formeln und Begriffe hinaus zu abstrahieren. Wie könnte er sonst den Ausspruch tun: „die Unterscheidung real — nicht real könne uns wenig fördern“! Um auf das Lenardsche Beispiel²⁾ des Eisenbahnzuges zurückzukommen, so behauptet der Relativist, es sei „gleichberechtigt“, zu sagen, der Eisenbahnzug werde verzögert, oder die Umgebung des Zuges werde in entgegengesetzter Richtung verzögert. Die Versicherung, daß sich a priori nichts gegen diese Ansicht einwenden lasse, ist hier ohne Interesse. Denn es handelt sich um a posteriori. Dieses a posteriori übersieht der Relativist, der meint, daß „wir die Komplikationen, in welche uns die Theorie führt, willig auf uns nehmen müssen“. Wenn der Relativist zur Verteidigung seines Standpunktes Gravitationsfelder

¹⁾ A. Einstein, „Die Naturwissenschaften“ 6, S. 697, 1918.

²⁾ E. Gehrcke, Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss. 1912, S. 209. Siehe auch „Die Naturwissenschaften“ 1, S. 62, 1913. — Einstein führt etwas andere Buchstaben ein wie ich; warum?

¹⁾ E. Gehrcke, Kantstudien 19, S. 481, 1914.

²⁾ P. Lenard, Jahrbuch d. Radioaktivität und Elektronik 15, S. 117, 1918.

zuläßt, die nicht von gravitierenden Massen erzeugt werden, wenn er, um ein Eisenbahnunglück zu erklären, die ganze Landschaft und die Erde mit allen Planeten und Fixsternen in ein ruckartig auftretendes Gravitationsfeld versetzt, gegen welches nur die Masse des Eisenbahnzuges in geheimnisvoller Weise abgeschirmt ist und das sofort wieder auf ebenso geheimnisvolle Weise verschwindet, so kann man wohl als feststehend erachten: Diese Deutung ist, bei aller Willigkeit für Komplikationen, a posteriori unrichtig. Die Verquickung unserer Frage der Existenz und der Wahrheit mit der Frage der Zweckmäßigkeit, wie es der Relativist tut, bringt uns auch nicht weiter, sondern führt die Diskussion vom geraden Wege ab. Die Sache liegt doch so: Um den inneren Widerspruch der

alten, speziellen Relativitätstheorie zu vermeiden, wurde die neue, allgemeine Relativitätstheorie ausgebildet, und diese führt, wie sich auf die verschiedenste Weise einsehen läßt, zu unhaltbaren physikalischen Folgerungen. Der Kritikus von Herrn Einstein hatte also einen leichten Stand gegenüber dem Relativisten: er brauchte nur darauf aufmerksam zu machen, daß es nötig ist, neben dem a priori auch das a posteriori zu berücksichtigen, wenn man sich über eine physikalische Angelegenheit unterhalten will.

Berlin-Lichterfelde, den 20. Januar 1919.

- Prof. Dr. E. Gichicki.

Eine Erwiderung hat Herr Einstein als aussichtslos abgelehnt.
Die Schriftleitung.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen).

Annalen der Physik; Nr. 1, 1918.

Ein für Thermoelektrizität und metallische Wärmeleitung fundamentaler Effekt; von Carl Benedicks.

Nr. 2, 1918.

Die flüssigen Kristalle der 10 — Bromphenanthren — 3 od. 6 — sulfosäurehydrate; von O. Lehmann. Die schleimig-flüssigen Kristalle des wasserärmeren Hydrats zeigen beim Strömen künstliche Zwillingsbildung, welche an das Auftreten von Zwillingslamellen bei Deformation fester Kristalle erinnert. Konische Strukturstörungen treten nicht auf. Die tropfbar-flüssigen Kristalle des wasserreicheren Hydrats sind damit beschränkt mischbar und umgekehrt. Die Kristalltropfen zeigen keine Zwillingslamellen, entsprechend können auch keine schraffierten Tropfen erhalten werden. Sie benetzen das Glas sehr leicht, wobei Ansmiegung und infolgedessen Bildung von Schraubenstruktur erfolgt, welche Drehung der Polarisationssebene und Zirkularpolarisation bedingt. In ausgedehnten Schichten zeigen sich nur halbe Kern- und Konvergenzpunkte, keine ganzen. Die Spurlinien trennen Gebiete mit verschiedener Drehung der Polarisationssebene. Innere Lösung erfolgt auffällig.

Nr. 3, 1918.

Elektronentheorie des optischen Drehungsvermögens isotroper und anisotroper Flüssigkeiten; von M. Born. Zur Erklärung des optischen Drehungsvermögens sind keine besonderen Hypothesen notwendig, vielmehr reicht die gewöhnliche Dispersionstheorie aus, wenn zwei fast selbstverständliche Verallgemeinerungen vorgenommen werden: 1. die Molekel ist ein gekoppeltes System geladener Teilchen, 2. der Molekeldurchmesser ist nicht verschwindend klein gegen die Wellenlänge. Daraus werden die optischen Formeln für den allgemeinen Fall anisotroper Flüssigkeiten abgeleitet und an 3 Beispielen (isotrope Flüssigkeiten, elektrischer Kerr-Effekt, flüssige Kristalle) diskutiert.

Nr. 4, 1918.

Über den Intensitätsverlauf in Serienspektren bei der Erregung mit Kathodenstrahlen; von J. Holtzmark. Das Intensitätsverhältnis der Wasserstoffserienlinien H_α , und H_β und H_γ wird bei der Lichterregung durch schwache Kathodenstrahlen ungefähr linear von dem Logarithmus des Gasdrucks abhängig gefunden, bei höherem Druck werden die rötlichen Linien stärker. In Mischungen von Wasserstoff mit anderen Gasen ist nur der Teildruck des Wasserstoffs maßgebend. Bei Helium wird dasselbe gefunden. Die früher hierfür gegebene Erklärung, daß bei höherem Druck die äußeren Bohrschen Bahnen nicht zustandekommen, wird als zum mindesten unzureichend erwiesen.

Untersuchungen über die Dielektrizitätskonstante von Mischungen fester Körper mit Luft; von Wilhelm John. Die Dielektrizitätskonstanten wurden durch Kapazitätsmessungen nach der Stimmgabelmethode bestimmt; als Körper dienten Kugeln und Würfel in isotroper Anordnung. Auf Grund der Messungen der Dielektrizitätskonstante wurde die Wienersche Formzahl für Mischungen untersucht. Es ergab sich, daß bei wachsendem Mischungsverhältnis für Kugeln die Formzahl von 2 auf höhere Werte ansteigt, für Würfel dagegen von höheren Werten auf 2 herabsinkt, entsprechend theoretischen Ergebnissen.

Nr. 5, 1918.

Zerreißen von Flüssigkeiten zwischen rollender Kugel und ebener Platte; von Max Toepler. Hinter dem Auflagepunkte zerreißt bekanntlich beim Rollen die Flüssigkeit bei bestimmter Rollgeschwindigkeit v_r , kenntlich am Auftreten eines hellen „Mondchens“ im System der Newtonschen Ringe. Die pendelnde Rollbewegung einer Linse, angetrieben durch ein schweres Triebpendel, wird den Messungen zugrunde gelegt. Zwischen reinen Oberflächen gilt bei Vermeidung von Zerreißen v_r und δ_r (die Schichtdicke der Flüssigkeit am Reißorte) sind fast unabhängig vom Gasgehalte der Flüssigkeit, von der Linienbelastung, der Linsenkrümmung und von der Schwingungsdauer. Es ist angenähert $v_r \cdot \eta = 0,00714$, wo η den Reibungskoeffizienten der Flüssigkeit bedeutet, und es ist δ_r rund $5 \cdot 10^{-6}$ cm für alle 17 untersuchten Flüssigkeiten. Schließlich wird versucht, Aufschluß über den inneren Druck und den maximalen Rotor der Flüssigkeitsströmung beim Zerreißen zu gewinnen.

Die thermische Ausdehnung regulär kristallisierender fester Körper; von E. Grüneisen. Es wird gezeigt, daß die Ausdehnungsmessungen von Valentiner und Wallot an Pt, Jr, Flußpat und Pyrit die früher theoretisch abgeleitete Formel $(v-v_0) : v_0 = E : [Q_0 - kE]$, wo v = Volumen, E = molekulare Schwingungsenergie, Q_0 und k Konstanten sind, gut bestätigen. Gleiches gilt für ältere Messungen an Diamant, Cu, Al, Au.

Über die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes; von H. Dember und M. Uebe. Diese erste von drei zusammengehörigen in Teneriffa ausgeführten Arbeiten zeigt, daß die scheinbare Höhe des Himmelsgewölbes von der Helligkeit des Himmels stark abhängt, daß sie in den Subtropen größer ist wie in Deutschland, daß sie in mondscheinlosen ganz klaren Nächten Halbkugelform des Gewölbes liefert. — Die Kugelscalotte gibt eine gute Darstellung der scheinbaren Form des Himmelsgewölbes. Die Blickwicklungstheorie erklärt die Form des Gewölbes nicht, diese wird wesentlich durch atmosphärisch-optische Umstände bestimmt. Letzteres wird in einer später zu referierenden Arbeit zwingend und quantitativ ins einzelne dargelegt.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 10.

7. März 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die geophysikalischen Messungen des Barons
Roland v. Eötvös. Von *Obergeophysiker*
Dr. Desider Pekár, Budapest. S. 149.

Der Flug der Insekten und der Vögel. Von
Dr. Ing. Wilhelm Hoff, Berlin-Adlershof.
S. 159.

Besprechungen:

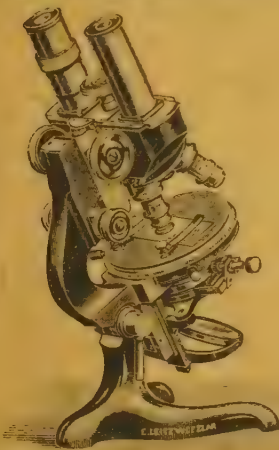
Demoll, Reinhard. Der Flug der Insekten und
Vögel. Von *F. Stellbrugg*, Neustadt. S. 162.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen
Akademie der Wissenschaften. S. 164.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und
Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 88.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petizelle angenommen.

Bei jährlich 6 18 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 1/2 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten

Inhaber: Prof. Dr. Hugo Krüss,
Hamburg 11.

Von der 2. Auflage von

Chwolson, Lehrbuch der Physik

liegt fertig vor: Band I

Abt. I: **Mechanik und Meßmethoden**
Gebunden 14.40 Mk.

Abt. II: **Lehre von den gasförmigen, flüssigen u. festen Körpern**
Gebunden 16 Mk.

Hermann Meusser, Buchhandlung

Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

In diesen Tagen erscheint:

Der Flug der Tiere

Von

Dr. F. Zschokke

Professor der Zoologie an der Universität Basel

Preis M. 5.—

Das Buch will einer mit biologischen Fragen sich beschäftigenden Leserschaft Aufschluß geben über das Vorkommen der fliegenden Lebensweise im Tierreich, über ihren Ursprung, ihre Erscheinung und ihren Erfolg, und besonders über die Bedeutung des Flugs für die Stellung des mit Flügeln ausgerüsteten Geschöpfs im Naturganzen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

7. März 1919.

Heft 10.

Die geophysikalischen Messungen des Barons Roland v. Eötvös.

Von Obergeophysiker Dr. Desider Pekár, Budapest.

Gelegentlich des siebenzigsten Geburtstages des Barons Roland v. Eötvös erschien im vorigen Jahrgange dieser Zeitschrift ein kurzer Artikel von Karl Tangl, der die hervorragendsten Details der wissenschaftlichen Wirksamkeit des ausgezeichneten ungarischen Physikers besprach und sich etwas eingehender mit seinen Untersuchungen über die Gravitation befaßte. Mit Berufung auf das dort Ausgeführte möchte ich die geophysikalischen Messungen Eötvös' etwas eingehender besprechen.

Den Kern dieser Untersuchungen bilden die Messungen mit der Eötvös'schen Drehwage, sie werden organisch ergänzt durch Gravitationsbeobachtungen, die mit den bisher gebräuchlichen Methoden an einigen Orten ausgeführt wurden. Außerdem haben wir an den Orten, wo Messungen mit der Drehwage vorgenommen wurden, stets auch die erdmagnetischen Elemente bestimmt, an einzelnen Orten sogar auch ausführlichere erdmagnetische Aufnahmen durchgeführt. —

Das Grundprinzip der Untersuchungen Eötvös' über die Gravitation liegt darin, daß zur Bestimmung der räumlichen Variationen der Schwerkraft die Drehwage dient. Bei der praktischen Durchführung dieses Prinzips gründet Eötvös seine spezielle Untersuchungsmethode auf eine doppelt gefestigte Basis, und zwar einestheils gefestigt durch die präzise Analyse der physikalisch-mathematischen Theorie seiner Arbeitsweise, andernteils durch die Konstruktion eines zweckentsprechenden, fast unglaublich empfindlichen Instrumentes. Auf diese Weise hat die aus der Rumpelkammer der Physiker hervorgeholte Drehwage unter seinen Händen Wunder gewirkt. Zuerst ermöglichte sie der Wissenschaft die Lösung bisher unangreifbarer physikalischer Probleme; in ihrer neuesten Anwendung sodann gibt sie als zauberkräftige Wünschelrute dem praktischen Geologen bei der Erforschung des Erdinneren Auskunft.

Die ersten derartigen Messungen wurden natürlich im Laboratorium vorgenommen; alsdann folgten einzelne Probemessungen am Sághegy im Jahre 1891, ferner am Fuße des Gellérthegey, in Budapest sowie an einigen Stellen in der Umgebung. Die erste ausführlichere Aufnahme machten wir im Jahre 1901 auf dem Eise des Balatonsees. Seither sind die ausführlichen Aufnahmen in stetem Flusse, und zwar in stets er-

weitertem Umfange. Bis 1907 ermöglichte die generöse Unterstützung durch die Ung. Akademie der Wissenschaften und durch Herrn Dr. Andor Semsey die Durchführung dieser Messungen; seitdem ist ihre Fortsetzung durch reichliche materielle Unterstützung durch den ungarischen Staat gesichert. Die Aufnahmen im Freien, die Leitung der zu diesem Zweck organisierten Messungsexpeditionen ist von Anfang an meine Aufgabe gewesen.

Zur Kenntnis der Schwerkraft^{*)} ist die Ermittlung zweier ihrer Elemente erforderlich, und zwar ihre Richtung und Größe.

Die Richtung der Schwerkraft ist durch das Lot gegeben. Auch die Libelle bestimmt im Prinzip die gleiche Richtung. Bekanntlich weist das Lot nicht genau nach dem Erdmittelpunkt, da die Umdrehung der Erde es von dieser Richtung etwas ablenkt. Außerdem sind in der Richtung des Lotes auch noch andere Unregelmäßigkeiten vorhanden, deren Ursachen wir später besprechen. Diese Unregelmäßigkeiten werden Lotabweichungen genannt, und ihre Bestimmung geschieht durch entsprechende astronomische und geodätische Messungen.

Die Größe der Schwerkraft wird durch die auf die Masseneinheit wirkende Kraft, das Grammgewicht definiert, und dies Gewicht pflegt man in geeigneten unveränderlichen Einheiten, den CGS-Einheiten, in Dyns auszudrücken. Die Größe der Schwerkraft wird gewöhnlich mit dem Pendel bestimmt. Schwingt nämlich dasselbe unveränderte Pendel an verschiedenen Orten, so ist aus den verschiedenen Schwingungsdauern die Verschiedenheit der Schwerkraft an den einzelnen Orten zu bestimmen. Geht man von einem genau bestimmten absoluten Werte aus, so sind sämtliche absolute Werte selbst auf dieser Grundlage berechenbar.

Führt man solche Messungen aus, so kommt man zu dem Resultat, daß die Schwerkraft an den verschiedenen Punkten der Erde eine verschiedene ist. Betrachten wir in ihren Hauptzügen die Ursachen dieser Änderungen!

Die Schwerkraft ist bekanntlich keine einfache Kraft, sondern die Resultierende zweier anderen Kräfte, der Anziehung und der infolge der Rotation der Erde entstehenden Zentrifugalkraft. Die Wirkung der Anziehungskraft zwischen den Körpern ist unabhängig von der materiellen Beschaffenheit derselben. Ihr Gesetz hat Newton festgestellt, wonach:

$$P = f \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

wo P die Anziehungskraft, m_1 und m_2 die auf einander wirkenden Massen, r den Abstand derselben und f einen Proportionalitätsfaktor, die *Gravitationskonstante* bedeutet, deren Wert auf experimentellem Wege genau bestimmt:

$$f = 0.000\,000\,066\,3 \text{ CGS} = 66 \cdot 3 \cdot 10^{-9} \text{ CGS.}$$

Aus dem Attraktionsgesetz erhellt unmittelbar, daß die Schwerkraft auf der Erdoberfläche der Höhe entsprechend sich ändert, und zwar mit zunehmender Höhe abnimmt.

Die *Zentrifugalkraft* ist bekanntlich proportional dem Radius der Rotation; an den Polen somit gleich 0, am Äquator am größten, und zwar beträgt sie dort ungefähr $\frac{1}{300}$ der Anziehungskraft. Diese Kraft kommt sowohl der Richtung als der Größe nach stets in Abzug von der Anziehungskraft, weshalb auch die Schwerkraft von den Polen dem Äquator zu fortlaufend abnimmt.

Die bisher angeführten Abweichungen bilden die sozusagen regelmässigen, *normalen Variationen der Schwerkraft*. Dazu kommen noch andere *unregelmässige Abweichungen*, die aus den Unebenheiten der Erdoberfläche und aus der Verschiedenheit der Gesteinsarten resultieren. Die Erdoberfläche ist nämlich nicht glatt, sondern teils eben, teils gebirgig, ferner in ihrer Zusammensetzung nicht homogen, sondern in ihrem Inneren wechseln Schichten von verschiedener Dichte mit einander. Daß die sichtbaren Erhebungen der Erdoberfläche, die Berge, Gravitationsstörungen verursachen, ist seit langem bekannt. In der Nähe großer Gebirgsmassen wurde beobachtet, daß das Lot den Bergen zu abgelenkt wird, die Richtung der Schwerkraft sich also ändert. Diese Wirkungen sind auf Grund der Attraktion unmittelbar verständlich. Ähnliche Störungen bewirken aber auch die unter der Erdoberfläche liegenden, verschieden dichten Schichten. Es ist nämlich bekannt, daß die Anziehungskraft den Massen proportional ist; Schichten verschiedener Dichte wirken also in verschiedenem Maße anziehend und verursachen so im ersten Augenblick unregelmässig erscheinende Abweichungen.

Um sich von diesen Wirkungen eine Vorstellung zu bilden, betrachte man etwas eingehender folgende einfache Skizze. Es sei unter der Erdoberfläche eine Erhebung vorhanden, die aus dichterer Masse bestehe als die oberflächliche Schicht und in der Zeichnung (Fig. 1) durch feinere Schraffurierung hervorgehoben ist. Die Wirkung derselben wird sich auf der Erdoberfläche in der Schwerkraft derart geltend machen, wie die ausgezogenen Pfeile weisen. Zum Vergleich ist in der Zeichnung auch der normale Wert der Schwerkraft angegeben, und zwar durch gerissene Pfeile. Diese beziehen sich also auf den Fall, wenn unter der Erdoberfläche die störende dichtere Masse nicht vorhanden wäre. Betrachtet man die mit kontinuierlichen Linien ausgezogenen

Pfeile, so tritt sowohl in der Größe als in der Richtung der Kraft eine Abweichung zutage.

Bezüglich der *Größe der Kraft* erkennt man, daß da die dichtere und somit größere Masse eine größere Anziehung ausübt als die Umgebung, unmittelbar darüber die durch die Länge des Pfeiles angedeutete Größe der Kraft am bedeutendsten ist. Entfernt man sich nach rechts oder links, so nimmt die Kraft ab, die Pfeile werden kürzer. Eine große Entfernung endlich, wie es die verhältnismässig viel zu nahe gezogenen äußersten Pfeile andeuten, hebt die Wirkung der störenden Masse auf; die Schwerkraft nimmt ihren normalen Wert an.

Bezüglich der *Richtung der Kraft* bemerkt man, daß infolge der größeren Attraktion der dichteren Masse die Pfeile sich derselben zuwenden. Je weiter man sich von der störenden Masse entfernt, desto mehr schwindet diese Abweichung der Richtung, bis sie endlich in großer Entfernung völlig aufhört und die Kraft wieder ihre normale Richtung annimmt, wie der äußerste Pfeil angibt.

Zu bemerken ist noch, daß in der Zeichnung diese Wirkungen unverhältnismässig übertrieben sind; in Wirklichkeit sind sie äußerst gering, und

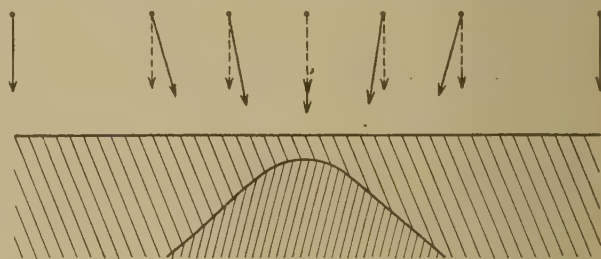


Fig. 1.

zwar wegen des geringen Betrages der Gravitationskonstante. Auch bei bedeutenden Störungen, die größten Abweichungen in Betracht gezogen, macht die Größenschwankung nur einige Hunderttausendstel der Schwerkraft aus und die Ablenkung aus der normalen Richtung beträgt höchstens einige Bogensekunden. Würde die Zeichnung den wahren Verhältnissen getreu entsprechen, so würden die ausgezogenen und gerissenen Pfeile einander vollkommen decken, als ob keinerlei Störung vorhanden wäre.

Da der Betrag dieser Abweichungen äußerst gering ist, waren dieselben mit den älteren Methoden nur höchst schwer und langwierig, oder überhaupt nicht meßbar und mußten die Beobachtungen gewöhnlich an weit entfernten Orten vorgenommen werden. Baron Roland v. Eötvös kam auf den Gedanken, ob sich nicht ein Instrument konstruieren ließe, mittels dessen die Änderungen der Schwerkraft in beschränktem Raume, im Rahmen des Instrumentes selbst meßbar seien, welches somit nicht die Schwerkraft selbst, sondern *unmittelbar deren Änderungen messen könne*.

Bei der Konstruktion dieses Instrumentes lag die erste Hauptschwierigkeit in dem Erfordernis der höchsten Empfindlichkeit. Die zu messenden

Abweichungen der Schwerkraft sind nämlich sehr gering, so daß unser Instrument geeignet sein mußte, Werte von $1 \cdot 10^{-9}$ CGS zu messen. Zu diesem Zweck wandte Eötvös die *Drehwage* an. Hängt man nämlich einen Balken mit verhältnismäßig großem Trägheitsmoment an einen möglichst dünnen Draht, so läßt sich die gewünschte Empfindlichkeit tatsächlich erreichen. Natürlich ist mit größter Umsicht dafür zu sorgen, daß das Gehänge vor äußeren störenden Einflüssen geschützt sei, damit seine Angaben bei solch großer Empfindlichkeit vertrauenswürdig seien. Selbstverständlich wirkt auf die Drehwage nicht die ganze Schwerkraft, da sie in horizontaler Richtung schwingt und demzufolge nur von horizontalen Kräften verdreht werden kann, die dadurch entstehen, daß die Schwerkraft, welche die Massen an den beiden Enden des Balkens angreift, überhaupt eine verschiedene Richtung aufweist. Eben deshalb ist dieses Instrument zur Messung kleiner Kräfte vorzüglich geeignet.

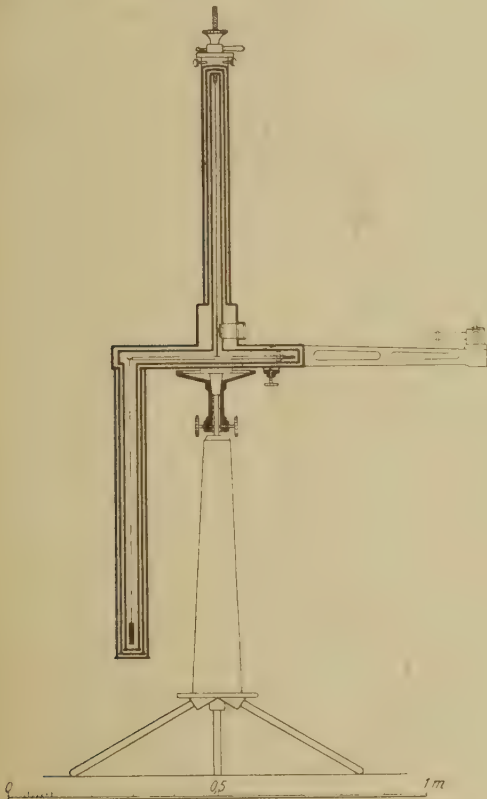


Fig. 2.

In Fig. 2 ist ein derartiges „*einfaches Schwerevariometer*“ nach Eötvös im Querschnitt dargestellt. Im oberen Rohre befindet sich der Torsionsdraht, sozusagen die Seele des Instrumentes, mit dessen Drillung die einwirkenden Kräfte gemessen werden, weshalb er von sehr beständiger Elastizität sein muß. Zu diesem Zweck verwendet man einen Platin-Iridiumdraht von 0.04 mm Dicke, der durch verschiedene vorausgehende Manipulationen beständig gemacht wird. Das Ge-

hänge bildet ein Balken aus Aluminium, an dessen einem Ende ein Platinblättchen angebracht ist, während am anderen Ende an einem dünnen Draht ein ungefähr 30 g wiegender Platinstab hängt. Die Drillung des Balkens wird mittels des in der Physik häufig verwendeten Spiegels abgelesen. Auf einem senkrechten Ansatz des Balkens ist ein kleiner Spiegel angebracht, der sich also mit dem Balken zugleich dreht. Dem Spiegel gegenüber am Ende eines längeren Armes befindet sich das Fernrohr und darüber die Skala, wie an der rechten Seite des Querschnittes ersichtlich ist.

Wie bereits erwähnt, muß das Instrument vor äußeren störenden Einflüssen: Luftströmungen, raschem Temperaturwechsel, elektrischen Einwirkungen usw. geschützt werden. Deshalb ist das Gehänge selbst in ein dreifaches Metallgehäuse aus 3 bis 5 mm dickem Messingblech oder Messingrohren eingeschlossen. Das ganze Instrument ist auf einen massiven Sockel montiert, und zwar derart, daß es um seine vertikale Achse drehbar und so der Windrose entsprechend in verschiedene Richtungen oder Azimuthe einstellbar ist. Fig. 3 zeigt eine Photographie des ganzen Instrumentes.

Beim Gebrauch bringt man das Instrument in verschiedene Lagen, in verschiedene Azimuthe und liest stets zuerst die Gleichgewichtslage des zur Ruhe gekommenen Balkens ab. Dreht man nämlich das Instrument in eine neue Lage, so schwingt das Gehänge infolge der unvermeidlichen Erschütterungen eine beträchtliche Zeit hin und her; diese Bewegung kommt aber im Verlauf einer Stunde völlig zum Stillstand, dann wird die neue Gleichgewichtslage des Balkens abgelesen usw. Die Theorie der Methode erfordert wenigstens fünf Lagen, um sämtliche Werte berechnen zu können. Gewöhnlich beginnt man die Beobachtungen bei nord-südlicher Lage des Instrumentes und setzt sie fort, indem man es stundenweise um 72° dreht.

Um die Langwierigkeit der Messungen herabzusetzen, hat Eötvös ein zweites, sogenanntes „*doppeltes Schwerevariometer*“ konstruiert, dessen Äußeres in Fig. 4 dargestellt ist. Dasselbe besteht eigentlich aus zwei nebeneinander angebrachten Instrumenten, die zueinander um 180° gedreht und somit diagonal gestellt sind, wie in der Figur die herabreichenden Rohre verraten. Das eine Instrument ist vorn, das andere hinten angebracht, vollkommen unabhängig voneinander, nur auf gemeinsamem Sockel montiert. In diesem Fall kann man also gleichzeitig stets mit zwei Instrumenten beobachten und so sind weniger, der Theorie gemäß bereits drei Lagen hinreichend. Mit dem doppelten Schwerevariometer beginnt man die Beobachtungen in nord-südlicher Richtung und setzt sie dann mit Drehungen um 120° und 240° fort; aus diesen Lagen sind sämtliche zu bestimmenden Werte berechenbar. In neuerer Zeit arbeiten wir allgemein mit dem doppelten Schwerevariometer. Früher mußte das Instrument beim Transport in mehrere Teile zerlegt

werden, was die Arbeit damit erschwerte und umständlich machte. Die neueren Instrumente bestehen nur mehr aus drei Stücken: dem Dreifuß, dem Sockel und dem eigentlichen Instrument. Natürlich ist bei derartigen Instrumenten auch dafür Sorge zu tragen, daß vor dem Transport das Gehänge durch entsprechende Einrichtungen von außen arretierbar sei.

Bei Messungen im Freien stellt man das Instrument in einem besonderen Zelt auf, um es vor den Unbilden des Wetters sowie vor raschem Temperaturwechsel zu schützen. Das Zelt oder

tungsangaben des Instrumentes *Eötvös'* berechenbar ist und welche Folgerungen sich aus denselben über die räumlichen Variationen der Schwerkraft ziehen lassen.

Man nehme ein rechtwinkliges Koordinatensystem an, dessen Ausgangspunkt im Schwerpunkt des Gehänges liegt, die Achse z senkrecht abwärts, die Achse x nordwärts und die Achse y ostwärts gerichtet ist, und bezeichne die Potentialfunktion der Schwerkraft mit U . Innerhalb des verhältnismäßig kleinen Raumes des Instrumentes kann man die Kraft mit ausreichender



Fig. 3.

Schutzhäuschen besteht aus starker wasserdichter Leinwand und besitzt eine doppelte Wandung; der Zwischenraum ist zur Wärmeisolierung mit Holzspänen ausgefüllt. Zum Transport des Instrumentes benützen wir einen speziell diesem Zweck dienenden Wagen, in dem es bequem untergebracht und rasch und sicher arretiert werden kann.

* * *

Betrachten wir nun, was alles aus den Beobach-



Fig. 4.

Genauigkeit als linear veränderlich betrachten und auf dieser Grundlage ableiten, welche Drilung der Drehwage die räumlichen Variationen der Schwerkraft zustandebringen. Die Details dieser Berechnungen können wir getrost übergehen; das Endresultat, zu dem wir gelangen, ist, daß sich aus den Beobachtungen unmittelbar folgende Werte berechnen lassen:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}, \quad \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}, \quad \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right), \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$$

Der Vollständigkeit halber ist zu erwähnen, daß diese vier Werte nur durch solche Drehwagen gegeben werden, wie die bisher besprochenen, wo die Massen an den Balkenenden in verschiedener Höhe angebracht sind. Eötvös benutzte nämlich bei seinen Untersuchungen über die Gravitation auch solche Drehwagen, wo die Massen an den Balkenenden in gleicher Höhe angebracht waren; diese Instrumente aber ergeben von den vier Werten nur die beiden letzten, weshalb sie zu Messungen im Freien nicht benutzt werden.

Bevor wir auf die physikalische Bedeutung dieser Werte näher eingehen, ist im allgemeinen noch folgendes zu bemerken. Diese Werte sind unmittelbar zu weiteren Folgerungen nicht geeignet. Sie enthalten nämlich in erster Reihe die Einwirkungen der sichtbaren Unebenheiten der unmittelbaren Umgebung, die völlig vom Zufall abhängt. Deshalb wird die Umgebung des Instrumentes bis zu 100 m Entfernung durch Nivellierung in ihren Hauptzügen vermessen und daraus in geeigneter Weise die „Terrainwirkung“ berechnet. Ebenso wird der Einfluß in der Nähe befindlicher Gräben, Dämme usw. berechnet, sofern dieselben durch Verlegung der Station nicht zu umgehen sind. Diese Terrainwirkung ist dann von den unmittelbar beobachteten „vollen Werten“ in Abrechnung zu bringen, so bekommt man die „topographischen Werte“. Werden ferner von den topographischen Werten die „Normalwerte“, von denen bereits oben die Rede war, abgezogen, so erhält man die Abweichungen von den Normalen, die „topographischen Störungswerte“, die Gravitationsstörungen. Diese Gravitationsstörungen werden von den sichtbaren oberirdischen sowie von den unsichtbaren unterirdischen Massen gleicherweise verursacht. Bringt man also von den topographischen Störungswerten wieder den Einfluß der sichtbaren Massen, der Berge, die auf Grund der Karten zu berechnende „kartographische Wirkung“ in Abzug, so erhält man die durch unterirdische Massen bewirkten Gravitationsstörungen, die „subterranean Störungswerte“. Will man also aus den Messungen auf die unterirdischen Massen schließen, so sind gerade diese subterranean Störungswerte als Ausgangspunkt zu wählen.

Da bekanntlich die Beschleunigung der Schwerkraft $g = \frac{\partial U}{\partial z}$ ist, so sind die beiden ersten Angaben des Eötvös'schen Instrumentes:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = \frac{\partial g}{\partial x} \quad \text{und} \quad \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} = \frac{\partial g}{\partial y},$$

das heißt, die beiden Angaben besagen, in welcher Weise sich die Beschleunigung der Schwerkraft, oder die Schwerkraft selbst in der Horizontalen nordwärts- beziehungsweise ostwärtsgehend ändert. Die Resultierende dieser beiden Daten ergibt die Richtung und Größe der größten Änderung, den Gradienten, d. i. um wieviel CGS-Einheiten, um wieviel Dyn die Kraft zunimmt, wenn

man sich in dieser Richtung in der Horizontalen um 1 cm vorwärts bewegt. Die Werte der Gradienten sind sehr gering, und eben deshalb pflegt man dieselben in $1 \cdot 10^{-9}$ CGS-Einheiten auszudrücken.

In unseren Karten wird der Gradient mit einem kleinen Pfeile bezeichnet, der in der bevorzugten Richtung, in der Richtung der größten Variation verläuft und dessen Länge dem Grade der Variation proportional ist. Trägt man in die Karten die Gradienten der subterranean Störungswerte, die Gradienten der durch unterirdische Massen bewirkten Gravitationsstörungen ein, so läßt sich daraus unmittelbar auf die unterirdischen Massen schließen.

Die Gradienten weisen stets gegen die unterirdischen größeren Massen hin und gewähren so bereits einen gewissen Einblick in die unterirdischen Verhältnisse. Ein noch klareres Bild aber gewinnt man auf folgende Weise. Steht auf dem untersuchten Gebiet ein genügend dichtes Netz der Stationen zur Verfügung, so läßt sich auf Grund der Gradienten der Wert der Schwerkraft für jeden beliebigen Punkt des ganzen Gebietes berechnen. Nebenbei sei bemerkt, daß, will man auch die absoluten Werte selbst angeben, diese an einigen Punkten in gewöhnlicher Weise mit Pendelmessungen zu bestimmen sind. Die Kenntnis der absoluten Werte an einigen Punkten ist auch noch deshalb von Vorteil, da sie eine gute Kontrolle unserer Messungen ermöglichen. Die Pendelmessungen ergeben nämlich unmittelbar die Differenz der Schwerkraft zwischen zwei voneinander entfernt liegenden Stationen; die Berechnung mittels der Gradienten muß natürlich die gleiche Differenz ergeben. Das Pendel liefert daher nur einige Kardinalpunkte, ohne in den feineren Verlauf dieser Variationen einen Einblick zu gewähren, den es übrigens wegen seiner geringeren Empfindlichkeit auch nicht gewähren kann. Sind nun die Gravitationswerte für jeden beliebigen Punkt des untersuchten Gebietes bekannt, so kann man die Punkte mit gleicher Schwerkraft durch kontinuierliche krumme Linien verbinden, die *Linien gleicher Schwerkraft* oder *Isogammen* genannt werden. Trägt man in die Karte die Isogammen der durch unterirdische Massen bewirkten Gravitationsstörungen, die *Isogammen der subterranean Störungswerte* ein, so bietet dieses Linien-system einen unmittelbaren Einblick in die unterirdischen Verhältnisse.

Die Isogammen selbst sind aus den Beobachtungen unmittelbar abgeleitete sichere Werte; will man jedoch ihre Bedeutung in bezug auf die unterirdischen Massen feststellen, so ist dies bereits von gewissen Voraussetzungen abhängig. Der einfachsten Voraussetzung gemäß befindet sich unter der Erdoberfläche eine Gesteinsschicht von größerer Dichte, der die weniger dichte oberflächliche Schicht aufliegt. In diesem Fall kommt den Isogammen eine ähnliche Bedeutung zu, wie auf den gewöhnlichen Karten den Isohypsen, den

Schichtenlinien. Unter diesen Verhältnissen ergeben nämlich die Isogammen unmittelbar die Niveauverhältnisse, die Schichtenlinien der unterirdischen dichteren Massen.

Aus der großen Anzahl der von uns durchgeführten Messungen möchte ich nur einige Beispiele zwecks eingehender Besprechung herausgreifen. In Fig. 5 ist die Karte der subterranean Störungswerte, der Gravitationswirkung der unterirdischen Massen für die Gegend von Arad dar-

Normalen steht, mit unterbrochenen Linien gezeichnet sind; die danebenstehenden Zahlen bedeuten eigentlich die Isogammen von $+0.004$ $+0.010$, $+0.020$ usw. CGS-Wert. Dieser Karte entsprechend haben wir ein Profil des Parallelkreises vom Dorfe Ménés in ost-westlicher Richtung angefertigt (Fig. 6), und zwar unter Annahme der Dichte $s_1 = 1,8$ und $s_2 = 2,6$. In der Zeichnung ist der die unterirdische Fortsetzung der Berge bildende felsige Untergrund sichtbar,

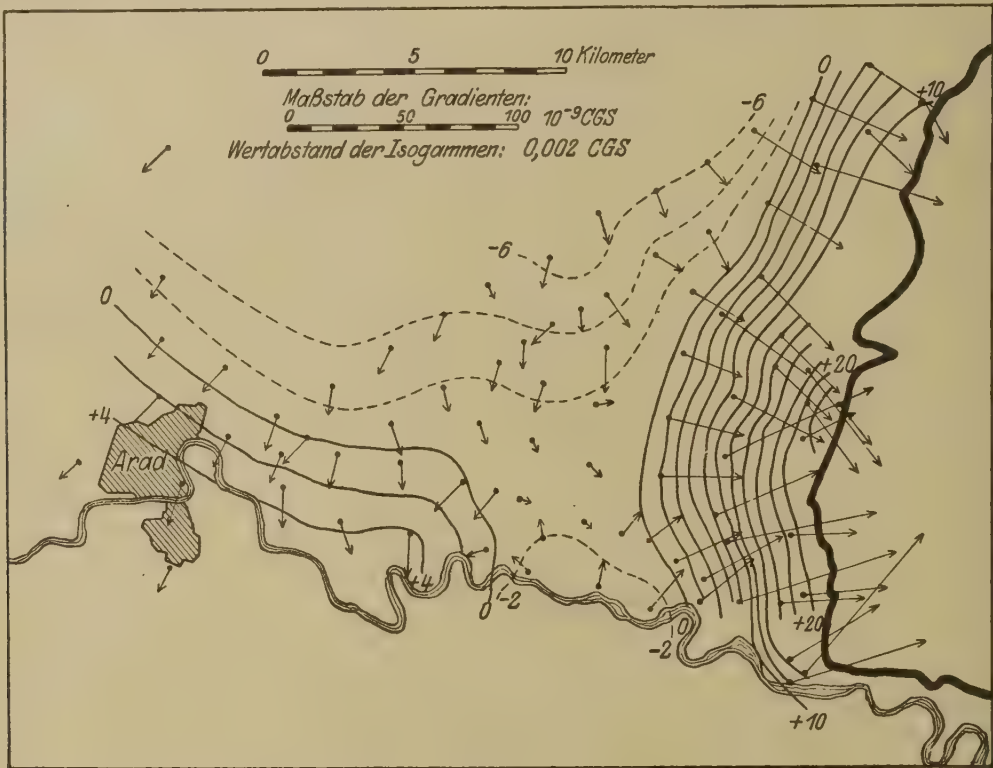


Fig. 5.

gestellt. Die fette Linie am Rand der Karte bedeutet die Grenze der Ebene, den Rand des Arader Gesenkes; der Einfluß dieses Gebirgszuges ist dem Gesagten gemäß von den in der Karte angegebenen Werten bereits abgezogen. Die einzelnen Punkte sind die Beobachtungsstationen, von denen einige, wo sie zu dicht placiert waren, weggelassen wurden, um die Übersichtlichkeit der verkleinerten Zeichnung nicht zu stören. Die Pfeile stellen die Gradienten dar, die eingetragenen krummen Linien die Isogammen. Wie ersichtlich, weisen die Gradienten in der Nähe des Berges dem Gebirge zu, andeutend, daß in dieser Richtung größere unterirdische Massen angehäuft sind, das heißt, daß sich die Felsschicht des Berges unter der Erdoberfläche abwärts fortsetzt. Gegen Arad zu machen die Gradienten bis zu einem gewissen Grade eine Wendung, andeutend, daß der dichtere Untergrund wieder etwas emporsteigt. Noch prägnanter werden diese Verhältnisse durch die Isogammen der Gravitationsstörungen dargetan, von denen die negativen, deren Wert unter dem

der alte Meeresgrund, auf dem sich die losere oberflächliche Schicht der gegenwärtigen Tiefenebene abgelagert hat.

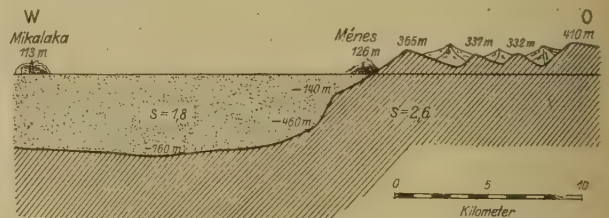


Fig. 6.

Ähnliche Verhältnisse ergaben unsere Messungen in der Umgebung von Budapest. Auch hier weisen die Gebirge von Buda eine unterirdische Fortsetzung auf und erstrecken sich ziemlich rasch abfallend unter die lockere oberflächliche Schicht der Tiefebene. Unsere Messungen ergaben daselbe Fallen, wie es auf Grund der Bohrungen festgestellt wurde. Die Thermen der Budaer Seite

liegen nahe der Oberfläche, das Bohrloch der Margaretheninsel ist bereits 118 m und das im Stadtwaldchen bereits 970 m tief. Im gleichen Maße fällt auch der felsige Untergrund.

Das ausführliche Resultat unserer Messungen in der Umgebung von Kecskenét zeigt Fig. 7, wo, wie in den vorangehenden, ebenfalls die subterranean Störungswerte angegeben sind. Die in die einzelnen Gebiete eingetragenen Zahlen bedeuten eigentlich die Störungswerte von 0.022, 0.034, 0.036 und 0.040 CGS. Wie ersichtlich, sind vom mittleren 22-er Gebiet ausgehend die Gradienten sämtlich nach auswärts gerichtet, die dichteren Massen befinden sich demnach auswärts, während in der Mitte geringere Massen vorhanden sein müssen. Geht man über das 40-er Gebiet hinaus, so wendet sich der Gradient um, ein Zeichen dessen, daß die größten Massen im Umkreise des 40-er Gebietes liegen. Noch besser

derbare Bildung steht mit den Kecskenéter Erdbeben unzweifelhaft im Zusammenhang. Ohne mich auf Näheres einzulassen, erwähne ich nur, daß z. B. das Epizentrum (die Stelle der Erdoberfläche über dem Mittelpunkt des Bebens) des Bebens vom 8. Juli 1911 auf unserer Karte mit dem Punkt C, also mit dem Mittelpunkt des Kraters zusammenfällt. Die auf unserer Zeichnung nicht angegebenen Bebenslinien, die Isoseisten, fallen ebenfalls mit diesem Gebilde zusammen.

Ich hebe jedoch hervor, daß diese Schlußfolgerungen nur unter der oben angeführten Voraussetzung bestehen können. Bei Annahme anderer Massen von geringerer Dichte als die Umgebung können auch andere Bildungen die beobachteten Gravitationsstörungen bewirken. So kann das Minimum in der Mitte auch der Anwesenheit eines größeren Salzkomplexes seinen Ursprung verdanken, wie es der Geologe Hugo Böckh für wahr-

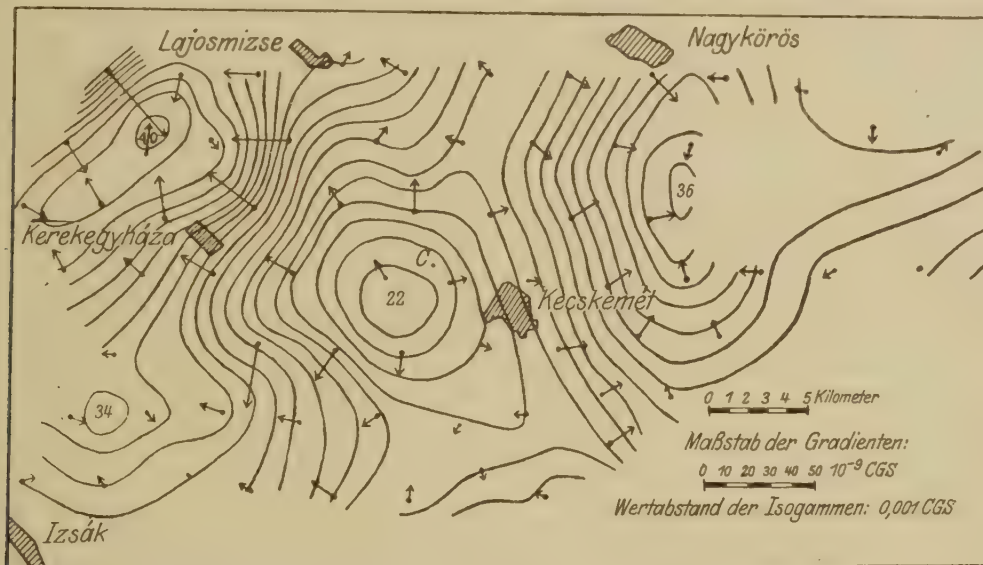


Fig. 7.

veranschaulichen die Isogammen diese Verhältnisse. Die erste Isogamme in der Mitte hat einen Wert von 0.022 CGS, von da an steigen die Isogammen dem Rande zu an, in nordwestlicher Richtung, z. B. bis 0.040 CGS, dann nehmen sie wieder ab. Bei Voraussetzung von wieder nur zwei Schichten, einer tieferen dichteren und einer oberen losen Schicht, bilden die Isogammen die Schichtenlinien des Niveaus der unterirdischen tieferen Schicht, und zwar bei Annahme eines Dichtenunterschiedes von 0,6 in Abständen von je 40 m. In der Mitte des dichteren Untergrundes ist demnach eine Senkung vorhanden; von hier dem Rande zu steigt die dichtere Masse empor, um dann wieder zu fallen. Mit einem Worte, wir haben es mit einer Kraterbildung zu tun, respektive besser gesagt, mit einem „Ringgebirge“, wie es die Mondkrater sind. Das Ringgebirge ist nämlich verhältnismäßig breit, sein Durchmesser beträgt ca. 30 km, und am Rande erheben sich einzelne Gipfel. Diese son-

scheinlich hält. Trotzdem also in diesem Fall wegen der Wahl der richtigen Voraussetzung unsere Schlußfolgerungen ungewiß sind, tritt die eminente Wichtigkeit dieser Messungen doch klar zutage. Es ist ja nur an der Stelle des im Gelände leicht abzusteckenden Minimums und an einem der Maxima eine Bohrung auszuführen, um in diese unterirdische Gestaltung einen sicheren Einblick zu erhalten. Ferner steht es fest, daß, ist nur einmal die eigentliche Bedeutung dieser Gravitationsstörung richtig festgestellt, Störungen von ähnlichem Typus in der Tiefebene auch in anderen Fällen dieselbe Bedeutung zukommt. Im allgemeinen: je mehr unzweifelhaft festgestellte Fälle wir haben, wie gewisse Gravitationsstörungen geologisch zu deuten sind, desto sicherer werden unsere Folgerungen auch in bezug neuerer Fälle. Deshalb ist es vonnöten, daß die geologischen Erfahrungen und die Gravitationsmessungen einander gleichsam organisch ergänzen.

Der Vollständigkeit halber ist noch zu erwähnen, daß die mittels der Drehwage festgestellten ersten zwei Werte $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$ und $\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$ in anderer Interpretierung auch die *Richtungsänderung der Schwerkraft in der Vertikalen bestimmen*.

*

Die mittels der Drehwage bestimmbaren anderen zwei Werte

$$\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \text{ und } \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$$

liefern verschiedene Aufschlüsse über die *Gestalt der Erdoberfläche*.

Die Gestalt der Erdoberfläche ist kein unmittelbar zu fassender Begriff, da die Erde bekanntlich mit Höhen und Tiefen bedeckt ist und man sich diese unregelmäßigen Unebenheiten ausgeglichen denken muß. Eben deshalb pflegt man bei einer Bestimmung der Form der Erdoberfläche die Fläche des ruhenden Wassers heranzuziehen. Man stelle sich die Sache so vor, die ganze Erde sei vom Meere bedeckt, nehme Abstand von dessen Bewegungserscheinungen, von Ebbe und Flut, dann ergibt die Fläche dieses völlig ruhigen Meeres die Oberfläche der Erde, die man als *Niveaulfläche* zu bezeichnen pflegt.

Unsere Werte geben in erster Reihe über die Krümmungsverhältnisse der Niveaulfläche Aufschluß. Bezeichnet man nämlich den größten beziehungsweise den kleinsten Krümmungsradius, also die beiden Hauptkrümmungsradien mit ϱ_2 respektive ϱ_1 , dann besteht die Gleichung:

$$\left(\frac{1}{\varrho_1} - \frac{1}{\varrho_2} \right) = - \frac{1}{g} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \frac{1}{\cos 2\lambda},$$

wo λ den Winkel bedeutet, welchen die Hauptebene des größeren Krümmungsradius mit der Ebene xz einschließt. λ selbst wird durch die Gleichung

$$\operatorname{tg} 2\lambda = - \frac{2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}}{\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)}$$

bestimmt. Diese beiden Werte bestimmen also die *Abweichung der Krümmung der Niveaulfläche von der Kugelfläche und die Richtung der Hauptkrümmungen*.

Ohne mich auf die Sache näher einzulassen, erwähne ich nur ein besonders interessantes Beispiel. Wir führten in *Tirol* Messungen aus, im Hochtal bei Cimabanche, welches zwischen dem über 3000 Meter hohen Monte Cristallo und dem Croda Rossa in 1520 m Seehöhe liegt, so daß die relative Tiefe des verhältnismäßig engen Tales mehr als 1500 m beträgt. Der Einfluß dieser mächtigen, emporragenden Massen zeigt sich darin, daß im Tale und besonders an dessen Rande die Krümmung der Niveaulfläche eine viel geringere ist, als sie unter normalen Verhältnissen sein müßte. In der Längsrichtung des Tales ist die Krümmung als normal anzunehmen, so daß sich aus den Beobachtungsergebnissen der Krümmungsradius senkrecht zur Längsrichtung des Tales be-

stimmen läßt; sein Wert beträgt am Talrande das Dreißigfache des normalen Wertes.

In diesem Beispiel tritt die Wirkung der emporragenden sichtbaren Massen zutage; selbstverständlich wird die Form der Niveaulfläche aber auch von den unterirdischen unsichtbaren Massen beeinflusst. Aus den subterranean Krümmungswerten lassen sich demnach bezüglich der unterirdischen Massen gewisse Folgerungen ziehen.

Eines der interessantesten ist das Verfahren *Eötvös'*, mittels dessen er aus den Werten von $\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$ und $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$ die charakteristischen Werte der Form der Niveaulfläche und so die Niveaulflächen selbst ableitet. Aus der Theorie folgt nämlich unmittelbar, daß diese beiden Werte zur Lösung der Aufgabe nicht genügen. Es bedarf außerdem noch der Kenntnis von $\frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$, zu dessen

Bestimmung wir bisher leider kein besseres Verfahren kennen, als das mit der Wage nach *Jollys* Methode. Diese Bestimmung ist aber im Vergleich zu den Messungen mit der Drehwage so grob und ungenau, daß sie zur Ergänzung dieser Werte nicht geeignet ist.

Das Verfahren selbst kann ich nicht eingehender besprechen; ich muß mich darauf beschränken, daß, steht ein genügend dichtes Netz von Drehwage-Beobachtungsstationen zur Verfügung und sind an zwei Punkten des Netzes die nördlichen Lotabweichungen bekannt, so genügen diese Werte, um für sämtliche Punkte des ganzen Gebietes die Lotabweichungen und Krümmungen zu berechnen. Eben deshalb werden in den mit der Drehwage durchforschten Gebieten mit den gebräuchlichen astronomisch-geodätischen Methoden an einigen Stellen auch die Lotabweichungen bestimmt. Zur Berechnung genügen bereits zwei Werte, die übrigen dienen der Kontrolle.

Die Lotabweichungen werden ähnlich den Gradienten in die Karte mit kleinen Pfeilen eingetragen. Sind die Lotabweichungen für jeden Punkt des ganzen Netzes bekannt, so sind daraus die Linien gleichen Potentials abzuleiten und in die Karte ebenfalls einzutragen. Auf diese Weise läßt sich die Form der Niveaulfläche veranschaulichen.

Schon auf Grund der Gradienten und Isogammen kann man bezüglich der unterirdischen Massen gewisse Schlußfolgerungen ziehen. Diese Schlußfolgerungen erweitern und vervollständigen sich, wenn man auch die Krümmungswerte und Lotabweichungen in Betracht zieht. Gewisse Gestaltungen kommen nämlich bald in der einen, bald in der anderen Wirkung besser zum Ausdruck. So macht sich ein unterirdischer Abhang in den Gradienten geltend, während er auf die Krümmungswerte ohne Einfluß ist. Über den Lehen einer unterirdischen Erhebung erhält man hohe Gradienten, über dem Gipfel aber hohe Krümmungswerte usw.

*

Desgleichen sind aus dem Gesichtspunkte der Schlußfolgerungen auch die *erdmagnetischen Beobachtungen* von Wichtigkeit, weshalb auch diese stets parallel den Gravitationsmessungen ausgeführt werden.

Die Bestimmung der absoluten magnetischen Werte wird mit den gebräuchlichen Methoden und Instrumenten ausgeführt. Zwischen die absoluten Stationen schalten wir oft relative Beobachtungsstellen ein. In diesen Fällen werden nämlich bloß die Variationen der Kraft gemessen, und zwar mit unverhältnismäßig leichter und rascher arbeitenden Instrumenten. Im allgemeinen sind eben zum Zweck einer rascheren und leichteren Arbeit unsere Instrumente, wenn auch nicht im Prinzip neu, so doch neukonstruiert. Zur Bestimmung der relativen Deklinationen verwenden wir ein Instrument, das auch im Prinzip eine eigene Konstruktion des Barons Eötvös ist.

Bezüglich dessen, wie die Aufnahmen im Freien tatsächlich durchgeführt werden, erwähne ich kurz nur folgendes. Unsere Schwerevariometer sind so groß, daß zu ihrem Transport besondere Wagen nötig sind. Die übrigen Instrumente, Zelte, Ausrüstungsgegenstände werden ebenfalls auf besonderen Wagen befördert. Die Gravitationsmessungen geschehen des Nachts, um dem störenden Einfluß raschen Temperaturwechsels vorzubeugen. Die Beobachtungen werden an den erforderlichen Punkten oft in großer Entfernung von bewohnten Orten, Dörfern usw. ausgeführt. Alle diese Umstände machten es zur Notwendigkeit, daß wir uns mit einer wahren Expeditionsausrüstung versehen haben, um so unabhängig von bewohnten Ortschaften, ohne Rücksicht auf die Witterungsverhältnisse völlig im Freien kampieren zu können. Wir mußten also für zweckmäßige Wohnungen, Wohnzelte, deren entsprechende Einrichtung, Beleuchtung, Kücheneinrichtung usw. sorgen. In Anbetracht dessen, daß täglich eine neue Station bezogen werden muß, war in der Konstruktion aller dieser Einrichtungen ausschlaggebend, daß dieselben möglichst rasch und leicht aufzuschlagen und abzubauen seien.

* * *

Betrachten wir nunmehr in ihren Hauptzügen die Bedeutung der Methode und der Messungen Eötvös' in ihren verschiedenen Beziehungen.

Die Eötvös'sche Drehwage ist in erster Reihe vom *wissenschaftlichen Standpunkte* aus ein Instrument von hervorragender Bedeutung, weil damit äußerst geringe Kräfte noch meßbar sind. Unter anderm konnte Eötvös mit diesem Instrument seine genauen Untersuchungen über die *Proportionalität der Trägheit und Gravität* ausführen, die ich in einem besonderen Artikel behandeln werde.

Ein anderer Standpunkt, von dem aus die Gravitationsmessungen und so die Beobachtungen mit

dem Eötvös'schen Instrument von Wichtigkeit sind, ist der *geophysikalische Standpunkt*. Auf Grund dieser Untersuchungen läßt sich der allgemeine Aufbau der Erdoberfläche feststellen und aus den Einzelheiten der gegenwärtigen Verhältnisse auch auf die Vergangenheit, auf die Entwicklung unserer Erde, Schlüsse ziehen. Ich könnte noch die mit dem Ebbe- und Flut-Phänomen verbundenen Erscheinungen sowie mehrere andere diesem Kreise angehörende Probleme anführen, will mich aber beispielshalber bloß auf ein einziges beschränken. Es ist dies das *Prinzip der Isostasie*, laut dem die Massen von ansehnlicher Größe auf der Erdoberfläche derart gelagert sind, als ob sie in ihrer Umgebung schwimmen würden. Nach den bisherigen Untersuchungen besteht diese Annahme zu Recht für große Gebirgszüge, ferner für die ganzen Kontinente selbst, wohingegen für kleinere Berge und geringere Massen die Isostasie nicht gültig ist. Bei Untersuchung dieses Problems können unsere Instrumente nützliche Dienste leisten.

Der dritte wichtige *Standpunkt* ist der *geodätische*. Die Frage über die Gestalt des Erdballes ist von allgemein menschlichem Interesse. Diesem Zwecke dienen die Gradmessungen, wobei sozusagen ganze Erdteile vermessen und daraus die Gestalt der Erde abgeleitet wird. Auf die bis ins Altertum zurückreichende Geschichte der Gradmessungen kann ich hier nicht eingehen. In neuester Zeit werden diese Arbeiten nach den Weisungen der Kommission für Internationale Erdmessung ausgeführt. Die Resultate der sich stetig mehrenden Gradmessungen ergeben, daß die Erde nicht, wie man früher annahm, eine einfach abgeplattete Kugel sei, sondern eine ziemlich komplizierte Gestalt besitze. Nun ist aber für die Genauigkeit der Gradmessung von Wichtigkeit, daß in den vermessenen Gebieten auch die Gravitationsstörungen bekannt und so in Berechnung zu ziehen seien. Gerade die ausführliche Untersuchung dieser Störungen ist aber durch das Eötvös'sche Instrument ermöglicht. Die *Kommission für Internationale Erdmessung* selbst legte diesen Messungen großes Gewicht bei und ersuchte die ungarische Regierung, dieselben wirksam zu unterstützen und so eine ausführliche Untersuchung verhältnismäßig größerer Gebiete möglich zu machen.

In praktischer Hinsicht am wichtigsten ist der vierte, der *geologische Standpunkt*. Wie ich bereits oben ausgeführt habe, gestatten unsere Messungen Schlußfolgerungen über die Struktur der unterirdischen Massen. Auf diese Weise können nutzbare Schichten entdeckt werden; in *Siebenbürgen* z. B. lassen sich die Salzkomplexe durch unsere Messungen vorzüglich nachweisen. Außerdem kann man auch Stoffe entdecken, die zwar unmittelbar keine Wirkung auf die Gravitation ausüben, aber mit gewissen mittels der Gravitationsstörungen nachweisbaren Schichtengestal-

tungen in Zusammenhang stehen. So ist gegebenenfalls auf Wasser, Erdöl, Erdgas zu schließen. In der *Umgebung von Budapest* z. B. fällt die Tiefe der Thermen mit dem Fallen der Dolomitschicht zusammen, das mit unseren Instrumenten leicht meßbar ist. Mit Hilfe unserer Methode hätte man also voraussagen können, im artesischen Brunnen des Stadtwäldchens sei das Wasser wahrscheinlich erst bei 900—1000 m Tiefe zu erreichen. In der Umgebung von *Egbell*, wo nach Öl gebohrt wurde, ergaben unsere Messungen genau dieselbe Gestaltung, wie sie auch von den Geologen festgestellt wurde. Die Messungen, die wir in *Siebenbürgen* ausführten, gestatten eine Bestimmung der höchsten und tiefsten Stellen der Schichtenreihen, gewähren also eine Kenntnis der Antiklinalen und Synklinalen, die vom Standpunkte der Erdgasbohrungen aus von hervorragender Wichtigkeit ist, da sich erfahrungsgemäß reichliche Erdgasquellen stets in den Antiklinalen finden. Von unschätzbarem Wert sind die Angaben der Drehwage besonders in der Tiefebene. In Gebirgsgegenden nämlich findet sich der Geologe auch allein zurecht, da ihm hier das Anstehen der Schichten die Möglichkeit bietet, deren Fallen zu bestimmen und so ihren Verlauf unter der Oberfläche wenigstens annähernd zu verfolgen. In der Tiefebene hingegen ist er gezwungen, mittels kostspieliger Bohrungen Anhaltspunkte zu schaffen. Hier ist es bereits wichtig, die Probebohrungen nicht völlig aufs Geratewohl, sondern an den geeignetsten Stellen vorzunehmen, wozu die Drehwage sichere Hinweise gibt. Ich berufe mich nur auf unsere Messungen in der Umgebung von *Kecskemét*, die ich bereits oben besprochen habe. Zu erwähnen ist ferner, daß wir auf Anraten und Veranlassung des Leiters der Bergschürfungen, Herrn *Hugo Böckh*, in der Gegend von *Debreczen*, auf der *Hortobágyer Heide* ausführliche Drehwagebeobachtungen gemacht haben, und daß dort den gewonnenen Angaben gemäß die Probebohrungen bereits im Gange sind.

Endlich der fünfte, der *seismologische Standpunkt*. Die größte Gefahr bedeuten die Erdbeben dort, wo sich in der Erde unausgeglichene Schichten, gewisse Bruchlinien, tektonische Linien vorfinden. Erbebt die Erde in solchen Gebieten, so können beträchtliche Dislokationen, Erderschütterungen eintreten. Mit unseren Instrumenten lassen sich gerade diese vom seismologischen Standpunkte aus gefährlichen Gestaltungen erforschen. Ich berufe mich auf die Umgebung von *Kecskemét*, wo der unterirdische geologische Aufbau mit den Erdbeben in unzweifelhaftem Zusammenhange steht. Würden uns von dem gleichen Gebiete Messungen vor und nach einem größeren Erdbeben zur Verfügung stehen, so ließe sich aller Wahrscheinlichkeit nach aus diesen Messungen auf die Dislokation größerer unterirdischer Massen schließen. Vielleicht wären auf diese Weise auch die vulkanischen Massenverschiebungen zu beobachten. Zum Vergleich führe ich an, daß in

100 m Abstand vom *Donaufufer* mit einem genügend empfindlichen Instrument die Niveauänderungen des Wassers auf Grund der Gravitationswirkung desselben gut zu beobachten waren.

* * *

Baron *Roland v. Eötvös* hat die Gravitationsforschung mit einer völlig neuen Methode von hoher Bedeutung bereichert. Das neue Verfahren macht die älteren nicht überflüssig, sondern ermöglicht dieselben ergänzend eine noch tiefergehende Kenntnis der Schwerkraft.

Die Bedeutung dieser Messungen wurde alsbald auch vom Auslande anerkannt. Gelegentlich der Konferenz der *Kommission für Internationale Erdmessung* zu Budapest im Jahre 1906 besuchte eine größere internationale Gesellschaft der Geodäten die Messungen, welche damals gerade in der Umgebung von Arad im Gange waren, und folgte ihnen mit großem Interesse.

Die Deutschen waren die ersten, die — das Kgl. preuß. geodätische Institut — die Eötvös'schen Messungen einführten. Der Mechaniker des Instituts konstruierte das Variometer den Anweisungen Professor *Heckers* gemäß, im Prinzip dem Eötvös'schen Modell folgend, doch mit photographischer Registrierung. Die Drähte stellte ihm *Eötvös* zur Verfügung. Später ließ *Hecker* für das seismologische Institut in Straßburg ein zweites Instrument, ebenfalls in Potsdam anfertigen. Mit diesem Instrument nimmt er zurzeit in Gesellschaft Herrn Professor *Königsbergers*, der das Verfahren bei uns längere Zeit studiert hat, in der Umgebung von Hamburg Messungen vor. Zu diesem Zweck hat ihnen *Eötvös* noch ein Variometer extra zur Verfügung gestellt. In neuester Zeit hat *Schweydar* auf Anraten des ungarischen Geologen *Hugo Böckh* in der Lüneburger Heide Eötvös'sche Messungen vorgenommen. Man konnte da die Grenzen eines Salzhorstes, die aus Bohrungen gut bekannt waren, auch aus den Daten der Drehwage genau bestimmen.

Von den Franzosen hat *Brillouin* im Simplontunnel Messungen mit dem Variometer vorgenommen, das er mit gewissen Modifikationen selbst anfertigen ließ.

In Italien hat sich Professor *Venturi* an der Universität zu Palermo theoretisch und *Soler* an der Universität zu Padova praktisch mit der Methode *Eötvös'* befaßt. Professor *Soler* hielt sich zum Studium der Messungen auch bei uns auf und nahm an denselben in der Umgebung von Nagykörös teil. Ihr Variometer bestellten sie bei *Ferdinand Süß*, Präzisionsmechaniker in Budapest, der auch unsere Instrumente angefertigt hat. In der Umgebung von Padova wurden bereits auch im Freien Messungen vorgenommen.

Mit dem militärisch-geographischen Institut in Rußland wurden ebenfalls Verhandlungen gepflogen zwecks Bestellung derartiger Instrumente, doch sind die Verhandlungen abgebrochen worden.

Auch die Engländer ließen für das Londoner *The Science Museum* bei Süß ein Eötvös'sches Variometer anfertigen, das aber infolge des Krieges hier zurückgeblieben ist.

Unter den ersten haben auch die Japaner bei Süß ein Instrument bestellt, mit dem Professor Sinjo, der die Messungen bei uns auch praktisch studiert hat, in der Umgebung von Tokio Beobachtungen ausführt.

In Ungarn hat außer uns Professor Garazzi nach den Anweisungen des kroatischen Geologen *Gorjanovich-Kramberger* in Kroatien und Slavonien Messungen ausgeführt. Ihr Variometer bezogen sie ebenfalls von Süß. In Anbetracht dessen, daß wir auf Grund langjähriger Erfahrungen mit allen kleinen Praktiken der Instrumente wohl vertraut sind, wurden sämtliche in Budapest angefertigten Variometer von uns überprüft. Desgleichen haben stets wir die Konstanten der Instrumente bestimmt, die bei den Berechnungen nötig sind.

Jüngst hat Professor Schumann vom Wiener Polytechnikum hier bei uns die Messungen längere Zeit studiert und bei Süß auch Instrumente bestellt. Auch Smolenski, Universitätsprofessor zu Krakau, hat unsere Expedition aufgesucht; auch dort will man die Eötvös'schen Messungen ins Programm aufnehmen.

Das Ausland und darunter auch Deutschland verhielt sich den Messungen gegenüber anfangs ziemlich reserviert. Man glaubte nicht, daß auch bei Beobachtungen im Freien die erforderliche Genauigkeit und Sicherheit erreichbar sei. Seitdem aber größere Beobachtungsreihen vorliegen und sie auf Grund der darin auftretenden Gesetzmäßigkeiten Gelegenheit hatten, sich von der Realität der Messungen zu überzeugen, wurden sie die eifrigsten Anhänger derselben. So hatte selbst *Helmert*, der unlängst verstorbene Berliner Universitätsprofessor und Direktor des geodätischen Institutes zu Potsdam, Präses der Kommission für Internationale Erdmessung, anfangs kein richtiges Vertrauen zu diesen Messungen, später jedoch äußerte er sich mit größter Begeisterung darüber. Als ich im Jahre 1915, um Pendelmessungen auszuführen, in Potsdam verweilte, hatte ich wiederholt Gelegenheit, mit *Helmert* über diese Messungen zu sprechen, wobei er sich unter anderem folgendermaßen äußerte: Für die zwei wunderbarsten Instrumente der höheren Geodäsie halte er die Libelle und das Eötvös'sche Variometer, da beide im Prinzip so unendlich einfach seien und doch, richtig angewendet, die wichtigsten und weitgehendsten Aufschlüsse über die Gestalt der Erde und die Struktur der Erdoberfläche gewähren.

* * *

Die Theorie der Methode und ein kleiner Teil der Endresultate der Messungen sind in den Originalabhandlungen des Barons *Roland v. Eötvös* enthalten. Für solche, die sich dafür eingehender interessieren, gebe ich im folgenden das Verzeichnis der erschienenen Abhandlungen:

Vizsgálatok a gravitatio és mágnesség köréből; Matematikai és Természettudományi Ertesítő, 1896. XIV. kötet. — Der Aufsatz stimmt wesentlich mit dem nächstfolgenden.

Untersuchungen über Gravitation und Erdmagnetismus; Annalen der Physik und Chemie, 1896, Neue Folge, Band 59.

Etude sur les surfaces de niveau, et la variation de la pesanteur et de la force magnétique; Rapports présentés au congrès international de Physique réuni à Paris en 1900, Tome III.

A nehézség és a mágnesség erő nivófelületeinek és változásainak meghatározásáról; Matematikai és Fizikai Lapok, 1900. IV. kötet. — Der Aufsatz stimmt wesentlich mit dem vorangehenden.

Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveaulächen mit Hilfe der Drehwaage; Verhandlungen der XV. allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung in Budapest 1906. — In dieser Abhandlung ist die streng mathematische Theorie und die praktische Durchführung der Methode am ausführlichsten behandelt.

Programme de recherches gravimetrique dans les regions vesuviennes. Comptes rendus des séances de la première réunion de la commission permanente de l'Association internationale de Sismologie, réunie à Rome, 1906.

A Balaton nivófelülete s azon a nehézség változásai; 1908. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei. I. kötet 1. rész. Geofizikai függelék. — Der Aufsatz stimmt wesentlich mit dem nächstfolgenden.

Die Niveaulächen und die Gradienten der Schwerkraft am Balatonsee. Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees, 1908, I. Band, 1. Teil, Geophysischer Anhang. — In der Einleitung behandelt Eötvös die Theorie der Methode in elementarer Weise.

Bericht über geodätische Arbeiten in Ungarn, besonders über Beobachtungen mit der Drehwaage; Verhandlungen der XVI. allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung in London und Cambridge, 1909. — Auch französisch erschienen.

Bericht über Arbeiten mit der Drehwaage, ausgeführt im Auftrage der königlich ungarischen Regierung in den Jahren 1909—1911. Verhandlungen der XVII. allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung in Hamburg 1912.

Der Flug der Insekten und der Vögel¹⁾.

Von Dr. Ing. Wilhelm Hoff,

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V., Adlershof.

Für einen Flugzeugtechniker ist es von Interesse, auch einmal von den Forschungen zu erfahren, welche die Zoologen im Insekten- und Vogelflug angestellt haben. Die Demollsche Arbeit gibt hierüber einen Aufschluß. Das Büchlein teilt eine große Anzahl mühevoller und ergebnisreicher Versuche und die an diese angeschlossenen Schlußfolgerungen mit, die nicht ohne Stellungnahme von seiten der Flugzeugtechnik bleiben dürfen.

Der Verfasser hat leider die neueste aerodynamische Literatur unberücksichtigt gelassen und nur solche Bücher zu seinen Arbeiten herangezogen, welche in der Flugzeugtechnik größtenteils

¹⁾ Bemerkungen zur Abhandlung gleichen Namens von *Reinhard Demoll*, o. Professor an der Universität München. Verlag von Gustav Fischer, 1918.

als überholt gelten. Die Luftwiderstandsgesetze sind in den letzten acht Jahren durch zahlreiche Versuche in deutschen (Modellversuchsanstalt für Aerodynamik, Göttingen) und ausländischen Versuchsanstalten genauer erfaßt, experimentell be-
richtet und theoretisch begründet worden. Sie zeigen, daß es oft unzulässig ist, ohne Nach-
prüfung für den besonders behandelten Fall Ge-
setze zu verallgemeinern. Das Avanzinische Ge-
setz²⁾ zum Beispiel, das nur für ebene Platten gilt,
kann nicht ohne weiteres auf Insektenflügel an-
gewendet werden³⁾, da man nicht weiß, ob die
Insektenflügel, was unwahrscheinlich ist, bei
ihrer Betätigung eben bleiben oder sich infolge
der Durchbiegung während der Belastung wölben.
Die neuere Literatur bringt ferner auch die Un-
tersuchungen über das Optimum der Wölbung und
der Abmessungen der Flügel zur Fluggeschwin-
digkeit, die *Demoll* in seiner Abhandlung ver-
mißt⁴⁾. Ohne solche Messungen wäre nämlich
niemals der heutige Stand unserer Flugzeug-
technik erreicht worden⁵⁾. Der Flugzeugtechniker
tut gut daran, sich die wertvollen experimentellen
Angaben *Demolls* für seinen Gebrauch umzu-
arbeiten, er gewinnt dann ohne große Mühe

wichtige Schlüsse, die in der Abhandlung noch
nicht gezogen sind.

Die Tabellen 1 und 2 enthalten Angaben über
die Gewichte, den Flächeninhalt des Schattenbil-
des bei Beleuchtung von oben, welcher demjenigen
der Flügel allein nahekommt, die Tragfläche auf
das Gramm Tiergewicht, die Schlagfolge in der Se-
kundesowie die gemessenen Geschwindigkeiten ver-
schiedener Tiere. Sie sind, soweit sie Angaben
übergleiche Tiere enthalten, miteinander vereinigt
worden. An Stelle des in Spalte 4 der Tabelle 1
nicht gebräuchlichen Vergleichswertes $\frac{F}{A}$ ist

der in der Flugzeugtechnik übliche Wert $\frac{A}{F}$ in
kg/m² gesetzt worden. Die Flugleistungen der
verschiedenen aufgeführten Tierarten lassen sich
miteinander auf Grund der für den Auftrieb A
(kg) eines Flugzeuges von *Prandtl* eingeführten,
allgemein gültigen Formel vergleichen⁶⁾:

$$A = c_a \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot F \cdot v^2.$$

Hierin sind der Auftrieb A in kg, die Flü-
gelfläche F in m², die Fluggeschwindigkeit v in

Demoll, Teile der Tabellen 1 und 2 zusammengezogen.					$A : F$	v^2	c_a
Lfd. Nr.	N a m e	Gewicht A g	Fläche F cm ²	Flugzeuggeschwindigkeit v in m/sek.	kg/m ²	im Mittel	
31	Spatzen	27	134	12÷15	2,01	180	0,179
27	Mistkäfer	0,9039	5,90	7	1,525	49	0,498
20	Honigbiene	0,0670	0,90	3,7	0,745	13,7	0,871
6	Schwalbenschwanz . . .	0,2350	16,90	3,5÷4	0,139	14,0	0,159
22	Maikäfer	0,6668	8,15	2,2÷3	0,820	6,75	0,195
26	Schlammfliege	0,0882	0,66	2,7	1,335	7,30	2,930 ¹⁾
18	Schmeißfliege	0,0650	1,18	2,7	0,550	7,30	1,205
14	Stubenfliege	0,0115	0,31	2,0÷2,3	0,371	4,62	1,285
2)	Weißling	0,1000	15,80	1,8÷2,3	0,0632	3,25	0,310
3)		0,0818	9,78		0,0837	5,30	0,253

Sämtliche c_a -Werte werden etwas größer, wenn an Stelle des Schatteninhalts des ganzen Tieres nur derjenige der Flügel eingesetzt wird.

1) Der Wert der Schlammfliege fällt heraus, vielleicht wegen ungenauer Bestimmung der Geschwindigkeit oder der Flügelfläche.

2) Bei ebenen Platten wandert der Schnittpunkt der Luftdruckresultierenden mit der Platte („Druckpunkt“ genannt) zur Plattenvorderkante, wenn der Winkel der Luftströmung mit der Platte („Anstellwinkel“ genannt) abnimmt. Dieses Gesetz wird von manchen Autoren als das Avanzinische bezeichnet. Bei gewölbten Platten ist die Druckpunktswanderung mit abnehmendem Anstellwinkel rückwärts gerichtet, also umgekehrt. *Demoll* spricht das Avanzinische Gesetz in anderen Worten aus. Da nämlich der Druck auf eine Platte mit abnehmendem Anstellwinkel abnimmt, ist zur Erzielung des gleichen Druckes eine Vergrößerung der Geschwindigkeit notwendig. Es läßt sich infolgedessen auch, wie *Demoll* dies tut, sagen, mit zunehmender Geschwindigkeit rückt der Druckmittelpunkt der Vorderkante näher.

3) Seite 13 unten.

4) Seite 12 unten.

5) Vergleiche die Abhandlung: „Einführung in die Theorie der Flugzeugtragflügel“ von Dipl.-Ing. *Albert Betz*, Göttingen. „Die Naturwissenschaften“, Jahrgang 1918, Heft 38 und 39.

m/sek, die Luftdichte γ in kg/m³ (in Bodenhöhe etwa 1,23 kg/m³), die Erdbeschleunigung $g = 9,81$ m/sek² und c_a ein dimensionsloser Beiwert, welcher zur Beurteilung der Tragfähigkeit eines Flugzeugflügels geeignet ist. Dieser Beiwert ist bei Flugzeugflügeln abhängig von dem Anstellwinkel, unter welchem der Flügel von der Luft angeströmt wird, und der Gestaltung des Flügels.

Der Wert $\frac{\gamma}{2g}$ ist mit $\frac{1,23}{2 \cdot 9,81} = \frac{1}{16}$ genau genug festgelegt. Es wird demnach

$$c_a = \frac{16 \cdot A}{v^2 \cdot F}.$$

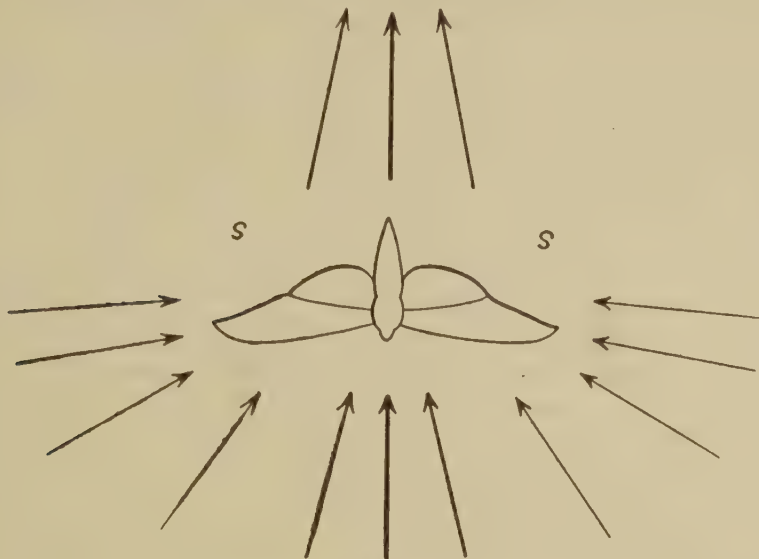
Die Beurteilung der c_a -Werte ist von Bedeutung. Sie sind von derselben Größenordnung wie

6) *Demoll* schreibt an Stelle von „ A “ den Buchstaben „ P “.

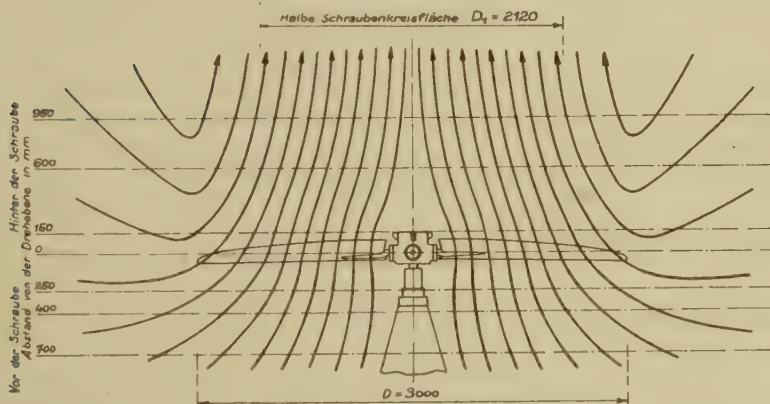
diejenigen, welche im Flugzeugbau erreicht werden. Diese Tatsache läßt die Folgerung zu, daß es ungerechtfertigt ist, derart grundsätzliche Unterschiede zwischen Insekten-, Vogel- und Flugzeugflug gelten zu lassen, wie sie Demoll zwischen den ersten beiden aufbaut. Aus dieser Übereinstimmung der c_a -Werte ergibt sich, daß die Insekten ihre Flügel aerodynamisch in ähnlicher Weise ausnutzen, wie die Vögel und Flugzeuge. Die Insekten können somit als Flugzeuge mit besonders kleiner Geschwindigkeit und infolgedessen

Grenze ihres Flugkönnens zu sein und besitzt deshalb einen hohen c_a -Wert, genau so, wie wir es beispielsweise von den hochbelasteten gepanzerten Flugzeugen her kennen.

Die Gegenüberstellung Taube—Stubenfliege⁷⁾, welche ja auch Demoll zu keinem Ergebnis geführt hat, ist nicht haltbar. Im Flugzeugbau, wo durch eine Fülle von Einzelmessungen die Teilflugwiderstände erforscht worden sind, ist es nur mit Mühe möglich, die Gesamtflugwiderstände richtig zu erfassen. Für ein In-



Demoll, Der Flug der Insekten und der Vögel. Fig. 6 c.



F. Bendemann, Der Strömungsvorgang an der Luftschraube im Stand. Fig. 1.

auch geringer Flächenbelastung aufgefaßt werden. Wenn sich trotzdem beispielsweise der c_a -Wert der Stubenfliege mit demjenigen des Spatzens nicht deckt, so braucht das nicht zu erstaunen. Ein Spatz im wagerechten Flug ist noch nicht an der Grenze seiner Tragfähigkeit, er benutzt infolgedessen unbewußt ein kleineres c_a , genau so wie im Flugzeugbau für gering belastete, aber steigfähige Flugzeuge beim wagerechten Flug in Bodennähe kleine c_a -Werte angewendet werden. Die Stubenfliege scheint dagegen eher an der

sekt, bei welchem gar keine Widerstandsmessungen vorliegen, ist dies zurzeit unmöglich.

Demoll hat für den Insektenflug neue Flug- und Stabilitätstheorien aufgestellt, denen ein Flugzeugtechniker sich nicht anschließen wird. Der Flugzeugbau ist erst in der letzten Zeit so weit gekommen, daß er die Längs- und Seitenstabilität der Flugzeuge erfassen kann. Dabei sind diese Probleme gegenüber dem

⁷⁾ Seite 9—11.

Schlagflügelflug verhältnismäßig einfach. Es erscheint deshalb gewagt, Stabilitätstheorien für das unerschlossene Gebiet des Insektenfluges bis ins einzelne auszubilden. Die mechanischen Betrachtungen des Verfassers zeigen schwerwiegende, alle späteren Folgerungen in Frage stellende Lücken, deren Richtigstellung im einzelnen hier zu weit ginge.

Aus der großen Fülle der mitgeteilten Versuchsergebnisse sei noch auf eine Gruppe hingewiesen, die ein größeres Interesse, welches über den Zoologenkreis hinausgehen muß, erreicht. *Die Darstellungen der Strömungsvorgänge der Luft im Bereiche eines flatternden Insekts zeigen, daß eine nahezu vollständige Übereinstimmung einer solchen Strömung mit derjenigen im Bereiche einer Luftschraube besteht.*

Aus der Demollschen Arbeit ist die Fig. 6 c auf Seite 31 hier erneut wiedergegeben und die Fig. 1 aus dem Aufsatz „Der Strömungsvorgang an der Luftschraube im Stand“ von F. Bendemann, *Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt*, Jahrgang 1918, Seite 2, danebengesetzt, welche Zeichnung die Strömung um eine Luftschraube im Stand wiedergibt. Ihr Vergleich zeigt, daß die Luft bei beiden von vorne und den Seiten zufließt und daß eine Strahlzusammenziehung sowohl hinter der Luftschraube als auch hinter dem Insekt entsteht. Diese Übereinstimmung ist erstaunlich und wieder auch nicht. Wir Flugzeugtechniker wissen, daß die Luftschraube ein fast ideales Hilfsmittel ist, um den für ein Luftfahrzeug notwendigen Schub zu erzeugen. Warum sollte die Natur den Insekten in ihren Flügeln nicht auch ein vollkommenes Werkzeug gegeben haben, das dieselbe Wirkung ausübt? *Daraus, daß die Luftströmung hinter einem flatternden Schmetterling geordnet ist und sich weitgehend mit dem Strahl hinter einer Luftschraube vergleichen läßt, dürfen wir schließen, daß die Schlagbewegungen eines Insekts in ihrer Art vollkommen sind.* Die Versuche in dieser Richtung fortzusetzen, würde sicher von allgemeinem Interesse sein, doch würde sich dann empfehlen, wenn es möglich ist, die Tiere in der Weise zu fesseln, daß ihre Reaktion auf die Haltevorrichtung feststellbar ist. Wenn weiter die Versuche in einem schwachen, der Fluggeschwindigkeit des Insekts angemessenen Luftstrom durchgeführt werden, so kann alsdann der Flugzustand des Insekts eher nachgeahmt werden als im Standversuch, der nur den Beginn eines Fluges darstellt.

Auf einen Irrtum möge noch hingewiesen werden. Beim Flugzeug- und beim Vogelflug wird die Resultierende sämtlicher Luftkräfte aus etwa $\frac{2}{3}$ Saugkräften und nur aus etwa $\frac{1}{3}$ Druckkräften erzeugt. Man kann daher hierin keinen Unterschied zwischen dem Insektenflug und dem Vogelzug suchen und etwa annehmen, daß beim Insekt reine Saugwirkungen und ausgesprochene Druckwirkungen beim Vogel auftreten.

Alles in allem stellt die Abhandlung eine

Sammlung zahlreicher anschaulicher Versuche dar, welche allgemeinen Wert besitzen. Die an die Versuche geknüpften Folgerungen bedürfen zwar einer Überprüfung unter Berücksichtigung der neueren Flugzeugtechnik. Die mitgeteilten Beispiele haben gezeigt, daß eine nachweisbare Verwandtschaft des Insektenfluges mit dem Flug der Flugzeuge besteht, die geeignet ist, das Interesse an den Untersuchungen auf weitere Kreise zu lenken.

Besprechungen.

Demoll, Reinhard, Der Flug der Insekten und Vögel. Jena, Gustav Fischer, 1918. 69 S., 5 Tafeln und 18 Abbildungen im Text. Preis geh. M. 4,50.

Die verschiedenen Flugarten, die wir unter dem Namen Drachenflug, Flatterflug, Schwebeflug, Schwingenflug, Gleitflug, Segelflug, Ruderflug, Schwirrflyg usw. kennen, führt Demoll auf zwei Begriffe zurück, indem er das Hauptgewicht auf die Fort- und Hubbewegung legt. Als *Drachenflug* bezeichnet er eine Bewegung, bei der das Primäre die Vorwärtsbewegung, das Sekundäre die Hubbewegung ist. Segelflug und Gleitflug sind nur Phasen dieser Flugart. Demgegenüber steht der *Hubflug*. Hier ist das Primäre das Heben, das Sekundäre die Fortbewegung. Diese Art wurde bisher als Ruderflug bezeichnet und wird hauptsächlich von den Schrauben- und Schwirrflygern ausgeführt. „Der Flug der größeren Vögel läßt sich nur aus den Prinzipien des Drachenfluges verstehen, der Insektenflug nur aus denen des Hubfluges.“ Rationeller ist der Drachenflug. Hier sind nur $\frac{3}{4}$ der Arbeit des Hubfluges nötig. Trotzdem kann man nicht ohne weiteres den Schluß ziehen, daß für die Insekten der Hubflug unrationell wäre. „Wir haben zunächst zu prüfen, ob der Drachenflug für die Insekten nicht irgend welche Nachteile in sich bergen würde, die für größere Formen wie die Vögel nicht in Betracht kommen.“

Die nach der Klärung der Begriffe folgende teleologische Untersuchung, zu der verschiedene zum Teil neue Versuche angestellt wurden, legt das Hauptgewicht auf den Insektenflug, da unsere Kenntnisse bezüglich der Vögel schon ziemlich weit fortgeschritten sind.

Fußend auf den Untersuchungen von De Lucy und Mouillard, die den Satz aufstellten, daß ein Tier für das g eine um so kleinere relative Segelfläche hat, je größer es ist, erläutert Demoll in einer Tabelle, daß die Insekten hinsichtlich der Tragfläche pro g günstiger gestellt sind als die Vögel. Bei der Bestimmung der Schwebefähigkeit der Insekten spielt das absolute Gewicht eine geringere Rolle als bei den Vögeln. Mit abnehmender Schwebefähigkeit steigt die Zahl der Flügelschläge. Da man nun einerseits den Schluß ziehen kann, daß der Hubflug überhaupt erst möglich ist, wenn nur geringe Schwebefähigkeit vorhanden ist oder andererseits, daß der Drachenflug für kleine Flieger von Nachteil ist, weil sie nicht rasch genug vorwärts kommen, sucht der Verfasser zunächst die Frage zu beantworten, *inwiefern die Insekten zum Drachenflug ungeeignet sind.*

Für das Segeln ist maßgebend, daß der Druck, der auf eine Fläche ausgeübt wird, proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit ist. Man darf für die Vögel im allgemeinen 15 m in der Sekunde annehmen. In einer Tabelle sind die Geschwindigkeiten für 36 In-

sekten und 6 Vögel angegeben, die gemessen wurden, als die Tiere in einem einseitig beleuchteten Raum zum Licht flogen. Es ergibt sich, daß eine Stubenfliege eine 42 mal größere Flügelfläche pro g besitzen müßte, wenn sie zu einem Drachenflug befähigt sein sollte. *Zu dieser niederen Geschwindigkeit kommt das geringe Beharrungsvermögen der Insekten.* Dieses setzt sich zusammen 1. aus der lebendigen Kraft, die der Masse proportional ist und mit ihr im Kubus wächst, und 2. aus dem Luftwiderstand, der im großen und ganzen proportional der Vorderfläche ist. Bei den Insekten ist die Masse der Flügel bedeutungslos, dagegen sind die Flügel relativ größer als bei den Vögeln. Es fehlt demnach die Wucht, und das Beharrungsvermögen ist geringer als bei diesen. Dazu kommt noch die Reibung und die Zähigkeit der Luft. Der Koeffizient der Oberflächenreibung ist für kleine Platten und kleine Geschwindigkeiten größer als für große Platten und große Geschwindigkeiten. Reibung und Zähigkeit sind außerdem viel weniger von der Körperform abhängig als der Widerstandsdruck. Deswegen sind wohl die meisten Insekten nur schlecht an das Durchschneiden der Luft angepaßt. Zur Erläuterung wird das Beharrungsvermögen einer Taube gegenüber dem einer Schmeißfliege theoretisch errechnet. Bei der Taube vergehen etwa 708 Sek, ehe ihre Geschwindigkeit von 2 Sek/m auf 1 Sek/m herabsinkt. In dieser Zeit legt sie einen Weg von über 1 km zurück. Bei der Fliege spielt sich das gleiche in 1,8 Sek ab. Dabei legt sie einen Weg von 2,7 m zurück.

Außer den angeführten Gründen spielt noch *der Wölbungsgrad der Flügel und die Art der Stabilität* eine Rolle. Gewölbte Flügel fehlen den meisten Insekten, sind aber für die Fortbewegung von Flächen beim Drachenflug von wesentlicher Bedeutung. Während die Vögel passiv und rein mechanisch stabil sind, da ihr Körperschwerpunkt vor dem Druckmittelpunkt liegt, geht den Insekten eine mechanische Longitudinalstabilität ab. Ihr Schwerpunkt liegt entweder unter oder zum Teil sogar sehr weit hinter dem Druckmittelpunkt. Über eine aktive Longitudinalstabilität durch Verschiebung der Flügel aber ist so gut wie nichts bekannt. Das Insektenabdomen kann nicht dem Schwanzsteuer der Vögel analog sein, weil ihm die Beweglichkeit fehlt, und weil es durch die Lage des Schwerpunktes vollständig Druck von unten erhält. Die Insekten fliegen im stabilen Gleichgewichtszustand, der sie auf physiologisch-reflektorische Regulationen verzichten läßt. Die Stabilität um die Flugachse kann bei einer Durchbiegung der Flügelenden bewerkstelligt werden. Libellen und Fliegen sind imstande, außerordentlich schnell auf der Stelle zu drehen. Dies gelingt ihnen, weil ihr Schwerpunkt in der Drehachse oder doch wenigstens ihr sehr nahe liegt. Bei den Fliegen liegt er zwischen den Halteren, und vielleicht sind diese an den schnellen Wendungen beteiligt.

Der zweite Teil der Untersuchung befaßt sich mit der Frage: *Warum ist der Hubflug bei den Insekten weniger unrationell als bei den Vögeln?*

Mit abnehmender Schnelligkeit steigt bei den Insekten die Zahl der Flügelschläge. Passive Schwebler (große Schmetterlinge) haben eine niedere Frequenz, sind aber, was Schnelligkeit anbelangt, die schlechteren Flieger. Umgekehrt haben die passiv schlechten Schwebler hohe Frequenzen und sind bessere Flieger. Beim Hubflug reiht sich ein ständiges Steigen und Fallen aneinander. Zwischen zwei Flügelschlägen fällt das Tier um so tiefer, je größer die Pause ist. Umgekehrt steigt es um so leichter, je höher die Schlag-

folge ist, d. h. es arbeitet um so leichter beim Hubflug. Ein zweites Vorteil ist *die relative Länge und Größe der Flügel*. Der Luftwiderstand wächst ja im Quadrat, wenn der Flügel sich linear vergrößert. „Die hohe Schlagfolge der Insekten hat also zur Folge, daß der Körper mit geringerem Kraftaufwand gehoben wird dadurch, daß in Summa eine geringere Fallhöhe zu überwinden ist, und weiter wird die hohe Frequenz gefordert, um eine genügend hohe Winkelgeschwindigkeit der Flügel zu erzielen.“ So muß also der Hubflug um so mehr zu einem Schwirrflyg werden, je rationeller er als Hubflug ist. Für den Hubflug ist der Schwirrflyg am günstigsten, für den Drachenflug am ungünstigsten.

Durch Versuche ging Demoll weiterhin der Frage nach, in welcher Weise die Luft durch den Flügelschlag beeinflußt wird. Er verfolgte nicht nur, wie der Flügel die Luft von sich wegschiebt, sondern besonders auch, von welcher Seite sie ihm zuströmt. Dazu benutzte er einen einer Rechenmaschine ähnlichen Rahmen, auf dem statt der Stäbe Federkiele mit feinsten Fiederchen von Eulen gespannt waren. Die Versuchstiere wurden zunächst in verschiedener Stellung vor dem Apparat fixiert. An den Fiederchen konnten dann die leisesten Luftströmungen abgelesen werden. Aus einer Anzahl beigegebener, gut gelungener Aufnahmen ist zu erkennen, daß der Hauptstrom von vorn oben zufließt und mit geringem Anstieg nach hinten weiterwandert. Die Richtung der zu- und abströmenden Luft bildet also einen Winkel. Da das Hinströmen der Luft senkrecht zur Gleitbahn des Flügels, das Abströmen aber schwach geneigt zur Bewegungsrichtung erfolgt, so müßte man eine Abknickung nach hinten, nicht nach vorn erwarten. Versuche mit frei fliegenden Tieren zeigten aber, daß auf den Vorderflügeln beim Heben ein starker Druck liegt. Durch den Aufwärtsschlag wird die Luft nach hinten oben geworfen, wodurch der Vortrieb erzeugt wird. Bei zunehmender Geschwindigkeit strömt die Luft von oben immer steiler zu, bis sie direkt von oben kommt. Der Schlag nach aufwärts treibt das Tier nach vorn, der Niederschlag aber hält es in der Höhe. Der Vortrieb ist um so kräftiger, je bessere Flieger die Insekten sind.

Die Hubwirkung beim Abwärtsschlag ist die Resultante aus zwei Kräften: dem Widerstandsdruck während des Schlages und der Saugkraft des luftverdünnten Raumes über den Flügeln. Die Saugwirkung gleicht also den ständigen Wechsel zwischen Steigen und Fallen des Tieres aus.

Der Unterschied zwischen Insekt und Vogel läßt sich folgendermaßen ausdrücken: *Der segelnde Vogel liegt auf der Luft, das Insekt hängt in der Luft; jenes wird von der Luft getragen durch Vermehrung des Druckes von unten, dieses wird von der Luft angesaugt durch Verminderung des Druckes von oben.* Da bei dem Insekt die Vorwärtsbewegung auf Kosten der Hebewirkung geht, beim Vogel aber erst durch die Vorwärtsbewegung eine Hebewirkung erzielt wird, so erfordert das Fliegen des Insektes an Ort, das des Vogels von Ort den geringeren Kraftaufwand.

Um ein Urteil über die verschiedenen physiologisch wirksamen Abschnitte der Flügelfläche zu erlangen, entfernte Demoll Teile der Flügel und beobachtete den Flug und seine Geschwindigkeit. Bei Tagfaltern war in der Wirksamkeit der Vorderflügel für sich kein Unterschied gegenüber den Hinterflügeln zu bemerken. Eine Entfernung der Flügelspitzen beeinträchtigte die Geschwindigkeit stets stärker als die Entfernung irgend

welcher anderer Teile. Gestutzte Tiere lernten übrigens bald den Verlust durch stärkeren Flügelschlag wettzumachen.

Ähnlich wie die Insekten verhalten sich die kleineren Vögel (Singvögel). Hier tritt das Prinzip des Drachenfluges stark zurück gegenüber dem Hubflug.

Der Flug der Käfer wird in einem gesonderten Abschnitt behandelt, da hier zwei physiologisch verschiedene Flügel (Deckflügel und häutige Flügel) vorhanden sind. Nach der Meinung des Verfassers beteiligen sich die Elytren am Flug, obwohl ihre Amplitude wesentlich geringer ist als die der Hinterflügel. Ihre völlige Entfernung bewirkt eine starke Überkompensation der Geschwindigkeit. Daraus folgt, daß eine Steigerung der Elytren-tätigkeit keinen Geschwindigkeitszuwachs bedingt, d. h. daß die Elytren sich an der Vorwärtsbewegung nicht beteiligen. Sie bewirken nur eine Hebung. Der Einfluß der Wölbung der Elytren kann nur als gering bezeichnet werden.

Gegenüber den meisten Insekten, denen ein geringes Beharrungsvermögen zukommt, und deren Schwerpunkt hinter dem Druckmittelpunkt liegt, vermögen die Tag-schmetterlinge den Schwerpunkt vor den Druckmittelpunkt zu verlagern. Sie können kurze Strecken durchsegeln und im Gleitflug niedergehen. Dies gelingt aber nur, wenn die Vorderflügel ziemlich weit nach hinten geschoben werden. Dann wird der Schmetterling zu einem völlig stabilen Apparat, wie sich an getöteten und in der erforderlichen Lage gespannten Tieren nachweisen läßt. Von den untersuchten Tieren besaßen die Schwalbenschwänze eine erheblich bessere Gleitfähigkeit als Weißlinge mit der gleichen Schwebfähigkeit. Der Grund liegt in der schlanken Form des Hinterflügels bei den ersten. Die Form der Flügel der Tag-schmetterlinge spielt also beim Gleitflug eine wichtige Rolle. Dagegen ließ sich ein Einfluß der schwanzartigen Anhänge der Hinterflügel auf den Flug nicht nachweisen.

Aus der Darstellung Demolls geht hervor, daß er das Problem des Insekten- und Vogelfluges hauptsächlich vom aerodynamischen und mechanisch-technischen Standpunkt aus behandelt hat. Es wird eine Reihe neuer Gesichtspunkte mitgeteilt, wenn auch die Befunde nach der angedeuteten Richtung unter Berücksichtigung unserer Kenntnisse nicht völlig ausgewertet sind. Die Heranziehung der anatomischen Verhältnisse des Flugapparates und seiner Leistungen im einzelnen, worüber eine ganze Anzahl neuer Untersuchungen vorliegt, hätte die Darstellung vertieft und vor manchen Ungenauigkeiten und einseitigen Schlüssen

bewahrt. In seinen verschiedenen Untersuchungen, namentlich aber 1913, hat Voß die Faktoren mitgeteilt, auf Grund deren ein abgerundetes Bild über das ganze Problem gewonnen werden kann. Über die Saugkraft des luftleeren Raumes hat Bauendahl 1911 allerdings in etwas absonderlicher Weise geschrieben. Bezüglich der Art der Steuerung der Insekten liegen Untersuchungen des Referenten 1916 vor, in denen nachgewiesen ist, daß die häutigen Flügel als Drucksteuer wirken und aktiv regulatorisch arbeiten. Auch die Untersuchungen von Nimführ und Barnickel, wenn sie auch etwas weiter abliegen, gehören hierher. Es sei gestattet, hier nur auf die Frage der Bedeutung der Käferdeckflügel einzugehen, da der Verfasser seine Ansicht von deren Wirksamkeit als echte Flügel noch an anderer Stelle betont hat. (*Die Auffassung des Fliegens der Käfer — eine zoologische Irrlehre*, im Zool. Anzeiger 1918, S. 285.) Er geht hier noch weiter wie in seinem Buche. „Die Elytren beteiligen sich am Fluge in derselben Weise wie die häutigen Flügel.“ Mit dieser Ansicht stimmt er nur mit einem einzigen der vielen Autoren überein, die über diese Frage nachgedacht haben, nämlich mit Chabrier aus dem Jahre 1821, dem die anatomischen Verhältnisse des Käferthorax noch nicht bekannt waren. Aus dem Bau der Flügelachsel, der Größe und Lage der ansetzenden Muskeln, der schwächlichen Beschaffenheit des Mesothorax und dem mechanischen Verhalten der Deckflügel folgt jedoch, daß diese Ansicht nicht haltbar ist. Der Referent hat dies eingehend begründet (Zeitschrift für wissensch. Zoologie 1914, siehe auch Naturw. Wochenschrift 1914, S. 97): Ein wirksamer Flügel muß neben anderen Eigenschaften notwendigerweise einen steifen Vorderrand und eine nachgiebige Fläche besitzen, wenn er den Luftwiderstand wirksam ausnützen soll. Außerdem muß er energische und wirksame Schläge und ganz bestimmte Drehbewegungen ausführen. Aber der Deckflügel stellt eine gleichmäßig dicke, unelastische Platte vor, die nur geringe Ausschläge machen kann und vertikal beweglich ist. Die Analyse des Flugapparates und zahlreiche verschiedenartige Versuche führen zu dem Ergebnis, daß die Elytren weder als wirksame Flügel noch etwa als Tragflächen oder Gewichtsteuer, sondern wohl nur als Stabilisierungsflächen aufzufassen sind. Sie wirken durch ihre Fläche und die bei schneller Fortbewegung des Tieres sekundär erzeugte lebendige Kraft des Luftwiderstandes, die den Körper beim Flug aus der mehr vertikalen Lage in eine mehr horizontale Lage bringt.

F. Stellwaag, Neustadt a. d. H.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

5. Oktober. Sitzung der mathematisch-physikalischen Klasse.

Herr R. Emden spricht *Über abnorme Hörbarkeit*.

Derselbe legte vor eine Abhandlung: *Über elektrische Wellen in geschichteten Medien*. Untersucht wurde das Fortschreiten elektromagnetischer Wellen in einem geschichteten Medium mit kontinuierlich veränderlichem Brechungsindex. Die theoretische Lösung zeigt, daß auch unter diesen Umständen die Strahlungsintensität konstant bleibt; gleichzeitig gestattet sie eine Behandlung des Reflexionsproblems durch Annahme einer Übergangsschicht an der Berührungsfläche zweier Medien. (Erscheint in den Sitzungsberichten.)

2. November. Sitzung der mathematisch-physikalischen Klasse.

Herr S. Günther legte einen für die Sitzungsberichte bestimmten Aufsatz vor: *Über eine ostafrikanische Naturkatastrophe*. Diese fand im Frühjahr 1912 statt und hatte zur Folge, daß das in der Landschaft Urundi gelegene Tal des Ruwionflusses durch gewaltige Wassermassen von einem darin wuchernden Papyrusumpfe vollkommen rein gefegt wurde. Die Erscheinung scheint übereinzustimmen mit den namentlich aus Irland wohl bekannten „Moorbrüchen“, die nach neueren Untersuchungen nicht eigentlich auf das Platzen von Torfmooren, sondern auf ein den Muhrbrüchen vergleichbares Vorkommnis zurückzuführen sind.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 11.

14. März 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Zur Erinnerung an Paul Ehrlich: Seine wieder-
gefundene Doktor-Dissertation. Von *Prof.*
Dr. Leonor Michaelis, Berlin. S. 165.

Marbes „Gleichförmigkeit in der Welt“ und die
Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von *Prof. Dr. R.*
v. Mises, Frankfurt a. M. S. 168.

Besprechungen:

Kükenthal, W., Leitfaden für das zoolo-
gische Praktikum. Von *S. Becher, Rostock.*
S. 175.

Ornithologische Mitteilungen:

Beiträge zur Kenntnis der Vogelfauna der ver-
schiedensten Kriegsschauplätze. S. 176—178.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Ein neues Verkokungsverfahren. Neue
Systematik der Gletschertypen. Die Nebular-
hypothese. Spektra im elektrischen Ofen. Das
metrische System in England. 0^h bis 24^h. Die
Gasdurchlässigkeit von Ballonstoff. Höhenwelt-
rekord des Flugzeuges. S. 178—180.

Elektrische Heizkissen

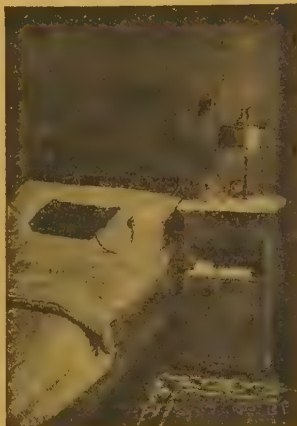
Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheisswerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 86.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

bei jährlich 6 12 24 50 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien.

Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

Herausgegeben von den Herausgebern der „Naturwissenschaften“
Dr. **Arnold Berliner** und Professor Dr. **August Pütter**

Erster Band:

Allgemeine Erkenntnislehre

Von Professor Dr. **Moritz Schlick** (Rostock)

356 Seiten. Preis M. 18.—; gebunden M. 20.40.

Vorzugspreis für die Abonnenten der „Naturwissenschaften“ M. 14.40; geb. M. 16.80

+10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutsch. Buchhändler

Eine Bestellkarte mit Inhaltsübersicht ist diesem Hefte beigelegt

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

14. März 1919.

Heft 11.

Zur Erinnerung an Paul Ehrlich: Seine wiedergefundene Doktor- Dissertation.

Von Prof. Dr. Leonor Michaelis, Berlin.

In den heutigen politisch bewegten Zeiten, die wenig Raum für die Erinnerung an eine einzelne Persönlichkeit nichtpolitischer Natur lassen, wollen wir es uns doch nicht nehmen lassen, einem dahingegangenen Gelehrten einige Worte der Erinnerung zu widmen. In dieser Woche, den 14. März, hätte Paul Ehrlich seinen 65. Geburtstag gefeiert, wenn er nicht mitten im Kriege¹⁾ gestorben wäre. Man kann sich kaum vorstellen, welche Stellung er zu den heutigen Kämpfen eingenommen hätte. War schon das politische Interesse in der Gelehrtenwelt Deutschlands überhaupt nicht groß, so hat doch Ehrlich sich mir einmal selbst noch besonders als ein *ἄπολιτικός* scherzhaft und nicht ohne Stolz auf die Reste seiner griechischen Kenntnisse bezeichnet. Er hatte zur politischen Welt gar keine Beziehung, wie er auch zur künstlerischen Welt keine Beziehung hatte. Er war ganz und gar absorbiert von der Wissenschaft, die Arbeitsteilung der Menschheit war in ihm bis zur Übertreibung verkörpert. Er hat sich in diesem Zustande wohl gefühlt und durch die Tat bewiesen, daß man mit dieser Methode das Höchste leisten kann, was einem Menschen zu leisten beschieden ist. Heute ist ein „unpolitisches Lebewesen“ ein Ding der Unmöglichkeit geworden, und derselbe Ehrlich würde, wenn er sich heute entwickelte, ganz anders aussehen. In diesem Sinne ist Ehrlich ein Produkt seiner Zeit; aber nur in diesem Sinne. In allen anderen Beziehungen ist es viel eher zutreffend, Ehrlichs Zeit als ein Produkt seiner Person zu betrachten, in dem ganzen Maße, wie man das von einem einzelnen Menschen und Gelehrten überhaupt behaupten kann.

Wenn wir das Andenken des großen Mannes feiern wollen, können wir es nur mit Hinblick auf seine wissenschaftliche Leistung. Er hat der Welt nichts als diese, diese aber in höchster Vollendung gegeben. Und da es mir gelungen ist, eine ungedruckte und bisher unbekannte Jugendarbeit aufzufinden, so glaube ich keine bessere Erinnerungsfeier bieten zu können, als einen kurzen Bericht über diese Arbeit.

Wenn man nämlich die ausführliche, von Professor Hans Sachs verfaßte Bibliographie der Ehrlichschen Arbeiten in der Festschrift zu sei-

nem 60. Geburtstag (1914) durchblättert, so vermißt man ganz am Anfang derselben seine Dissertationsschrift. Nun, sie gehörte auch nicht an den Anfang, denn es ist nicht seine erste Arbeit, aber sie fehlt überhaupt in dem Verzeichnis. Niemand wußte etwas von dieser Dissertation, und es mußte doch eine da sein. Da es aber bekannt war, daß Ehrlich in Leipzig seinen Doktor gemacht hat, so wandte ich mich vor gut einem Jahre an den Dekan der medizinischen Fakultät in Leipzig, Herrn Geheimrat Kruse, und dieser fand das Manuskript der Dissertation, die niemals gedruckt worden ist, in dem Archiv der Universität und stellte sie mir zur Verfügung. Es ist ein Diktat von fremder Hand, aber zahlreiche an den Rand gesetzte Inhaltszusammenfassungen sind von ihm selbst geschrieben, mit Schriftzügen, die unverkennbar an seine spätere lapidare Handschrift erinnern, aber noch viel zäher, jugendlicher sind. Das an die Fakultät gerichtete Begleitschreiben ist vom 17. Juni 1878 datiert, die Promotion hat demnach nach beendetem Staatsexamen stattgefunden, kurz vor seinem Eintritt in die Frerichssche Klinik. Der Titel lautet: „Beiträge zur Theorie und Praxis der histologischen Färbung. I. Teil: Die chemische Auffassung der Färbung. II. Teil: Die Anilinfarben in chemischer, technologischer und histologischer Beziehung“. Die Arbeit ist inhaltlich und stilistisch äußerst sorgfältig geschrieben, und wenn auch nicht gerade wesentliche Dinge in ihr stehen, die Ehrlich nicht früher oder später sonst bekanntgegeben hätte, so ist die Arbeit doch zur Erkennung der wissenschaftlichen Entwicklung Ehrlichs sehr wertvoll.

Von besonderem Interesse scheint mir der erste, kürzere Teil der Arbeit, „Die chemische Auffassung der Färbung“, weil Ehrlich in keiner seiner späteren Arbeiten diesen Gegenstand so ausführlich behandelt hat. Wenn man bedenkt, daß trotz aller Erweiterung unserer Kenntnisse der Streit um die Natur des Färbeprozesses immer noch nicht restlos beendet ist, daß sich die Anhänger der chemischen und die der mechanischen Auffassung des Färbeprozesses noch gegenüberstehen, so hat dieser Teil der Arbeit sogar noch ein aktuelles Interesse, obwohl er im wesentlichen literarisch ist.

Ehrlich rügt, daß die Histologen sich um die Theorie der Färbungen, die sie praktisch in immer steigendem Umfange anwenden, noch so wenig bekümmert haben, obwohl doch von einer richtigen Theorie auch praktische Rückwirkungen für die Färbetechnik zu erwarten seien. Der Unter-

¹⁾ Am 20. August 1915.

schied der technischen Textilfärbung und der histologischen Färbung ist: hier makroskopisch, dort mikroskopisch; hier Beschränktheit des Substrats (Seide, Wolle, Baumwolle), dort unbeschränkte Mannigfaltigkeit der Gewebselemente. Dennoch besteht ein komplementäres Verhältnis zwischen beiden Techniken. Im Prinzip hat man bei beiden zwei Hauptgruppen der Färbungen zu unterscheiden, die man heute direkte und indirekte oder Beizanfärbung nennt. *Ehrlich* beschäftigt sich nur mit der direkten oder, wie er sie hier nennt, der „*einfachen elektiven*“ Färbung, die also ohne Zuhilfenahme von Beizen zustande kommt; sie entspricht den meisten histologischen Färbungen „vom Fuchsin bis zum Eosin“, d. h. vom ältesten bis zum neuesten der 1878 bekannten Anilinfarbstoffe.

Die Theorie des Färbeprozesses hat die Frage zu lösen: Auf welche Weise wird der Farbstoff vom Gewebe gebunden, durch physikalische Adhäsion oder durch chemische Vereinigung? Die in der Textilfärbung vorliegende Literatur konnte ohne weiteres für die histologische Färbung herangezogen werden, weil ja die Färbung der animalischen Fasern, der Seide und Wolle, meist ebenfalls eine direkte ist.

Ein Vertreter der physikalischen Auffassung ist *Rudolf* (1874): Er vergleicht die Färbung der Gewebe mit der Adsorption der Farbstoffe durch Kohle, wo ja von einer chemischen Bindung nicht die Rede sein kann. Auch schon *Reimer* (1872) vertrat die physikalische Theorie, weil eine stöchiometrische Beziehung zwischen Farbstoff und Gewebssubstanz fehlt. Andererseits vertritt *Schützenberger* die chemische Theorie. Er hält die Färbung der Gewebe für analog der Verbindung, welche ein lackbildender Farbstoff mit dem Metallsalz eingeht; wie Hämatoxylin sich mit Alaun, so verbindet sich Fuchsin mit Seide. *O. Maschke* denkt an eine Kombination der chemischen Affinität und einer diese verstärkenden mechanischen Adhäsion.

Die Einwände, die gegen die chemische Theorie erhoben werden können, sind: 1. es bestehen keine stöchiometrischen Beziehungen zwischen Farbstoff und Gewebe; 2. keiner der konstituierenden Bestandteile verliert beim Färbeprozess seine spezifischen Eigenschaften. Das erste gibt *Ehrlich* zu; selbst die „Sättigung“ der Gewebe mit Farbstoff ist von der Konzentration der Farblösung, von der Temperatur u. a. abhängig. Aber es gibt in der Chemie auch sonst Beispiele, wo zweifelloso chemische Bindungen nicht dem Äquivalenzgesetz folgen. Ein ausgezeichnetes Beispiel ist hierfür eine von *Debray* beschriebene Verbindung von Chlorsilber mit Quecksilberchlorid. Frisch gefälltes Chlorsilber wird durch eine selbst sehr verdünnte Lösung von Sublimat auffällig verändert, es verliert seine Lichtempfindlichkeit und verteilt sich leichter in der Flüssigkeit. Die Analyse des Niederschlags ergibt, daß das Chlorsilber Quecksilberchlorid enthält, aber je nach

den Umständen in ganz wechselnden Mengenverhältnissen, und von jeder noch so dünnen Sublimatlösung wird immer nur ein Teil aufgenommen. Durch Waschen mit Wasser kann das Sublimat schließlich ganz entfernt werden, so daß das Silbersalz sogar wieder lichtempfindlich wird. Es ist alles wie bei der „Unechtfärbung“, wo auch der Farbstoff wieder ausgewaschen werden kann (Wolle — Indigoschwefelsäure). Und doch kann es sich nicht um eine einfache Adsorptionserscheinung handeln, wie *Ehrlich* meint, denn nach *Debray* werden vom Chlorsilber keine anderen Quecksilbersalze als eben nur das Chlorid festgehalten, geschweige denn andere Metallsalze, und es liegt somit eine spezifische chemische Affinität vor. Es handelt sich um die „Anbahnung“ der Doppelsalzbildung des Silber- und des Quecksilberchlorids, um ein unvollständig ausgebildetes Doppelsalz.

Für solche gibt es nun nach den Untersuchungen von *Chevreul* noch andere gute Beispiele; es gibt kristallisierte Mischverbindungen von Salmiak und Kochsalz, bei denen auf 1 Äquivalent Salmiak je nach den Umständen 2,55 bis 31,87 Äquivalente Kochsalz kommen, und aus Lösungen von 1 Äquiv. Salmiak und 3 Äquiv. Kochsalz erhielt man Kristalle, welche auf 1 Äquiv. Salmiak bis zu 576 Äquivalente Kochsalz enthielten. Ein Einwand von *Salkowski*, daß derartige Doppelsalze in der organischen Chemie bisher kaum gefunden seien, trifft nicht mehr zu. So hindert nach *Hofmeister* das leicht lösliche Kupfersalz einer Amidosäure die Kristallisation eines schwer löslichen, woraus auf eine Doppelsalzbildung geschlossen wird, die ebenfalls in inkonstanten Mischungsverhältnissen erfolge.

Der zweite Einwand gegen die chemische Theorie, den besonders *Wagner* geltend macht, ist der: weder Faser noch Farbstoff verlieren irgendeine ihrer charakteristischen Eigenschaften, wenn sie sich binden. Aber schon *Schützenberger* hebt hervor, daß ja der Charakter der Löslichkeit des Farbstoffs bei der Färbung verloren gehe: ebenso wie die Löslichkeit des Kaliumchlorids durch Platinchlorid verloren gehe. Daß die Auswaschbarkeit mancher Färbungen nicht gegen die chemische Bindung spricht, dafür gibt es Beispiele aus der Chemie genug; erwähnt wird die Auswaschbarkeit des Chlorzink aus seinem Doppelsalz mit Chrysoidin nach *A. W. Hoffmann*.

Dagegen erhält die chemische Theorie der Färbung eine besondere Stütze durch die Untersuchungen über die chemische Konstitution der Farbstoffe in Beziehung zu ihrem Färbevermögen, die vor kurzem *O. N. Witt* veröffentlicht hatte¹⁾. Man muß unterscheiden zwischen einem bloß ge-

¹⁾ Bekanntlich hat *Witt* gerade im Gegensatz hierzu später eine Theorie der Färbung veröffentlicht, die sich entschieden auf die physikalische Seite stellt, die Theorie der starren Lösung, die anfänglich einiges Aufsehen erregte, aber sich doch nicht recht halten kann, wenn man den Begriff der starren Lösung nicht ungebührlich erweitern und verschwimmen lassen will.

färbten Körper und einem Farbstoff, d. h. einem gefärbten Körper, der an der Faser haftet. So ist Azobenzol bloß ein gefärbter Körper. Aus ihm wird dadurch ein Farbstoff, daß man seinem Molekül eine *salzbildende* Atomgruppe (z. B. NH_2 , OH , SO_3H) hinzufügt. Und je mehr solche salzbildenden Gruppen vorhanden sind, um so farbkraftiger wird der Farbstoff, ohne daß sich die Farbennuance dadurch wesentlich zu ändern brauchte; nur das Haften am Gewebe wird durch die Vermehrung der salzbildenden Gruppen verbessert.

Andererseits findet *Ehrlich* nun auch farblose salzartige Körper, die am Gewebe, wie ein Farbstoff, haften, ohne aber zu färben, z. B. Tribromphenol.

In der *histologischen Literatur* finden sich nur vereinzelte Bemerkungen über die Theorie der Färbung. Die chemische Auffassung überwiegt. Nur *Schweiger-Seydel* vertritt die mechanische Auffassung. In einer 1867 mit *Alexander Schmidt* veröffentlichten Arbeit berichtet er, daß mit Osmiumsäure fixierte Blutkörperchen sich mit Karmin nur bei Behandlung mit Essigsäure färben; die Färbung hänge mit der durch die Essigsäure hervorgerufenen Quellung des Blutkörperchens zusammen. *Cyon* fügt einer Beschreibung der *Schweiger-Seydelschen* Karminfärbung hinzu: „Gefärbt wird bei diesem Verfahren alles, was eine gewisse Dichtigkeit der Substanz besitzt und dabei quellungsfähig ist. Ist die Dichtigkeit geringer, oder wird sie durch Säure nicht vermehrt, so kann das Karmin ebenso wenig wie an der stark quellenden Bindegewebssubstanz haften. Kerne werden gefärbt, weil Säure ihren Inhalt fällt und dadurch die Dichtigkeit gesteigert wird. *Gerlach*, der die Karminfärbung in die Histologie erst allgemein einführte, nahm dagegen eine chemische Bindung des Karmins an.

Der zweite, umfänglichere Teil der Arbeit ist überschrieben: *Die Anilinfarben in chemischer, technologischer und histologischer Beziehung*. Wir wollen auf ihn nicht so genau eingehen, weil es sich um eine spezielle, systematische Beschreibung der Farbstoffe und ihrer histologischen Wirkungen handelt, die einerseits das allgemeine Interesse des Naturwissenschaftlers weniger fesseln dürften, andererseits in späteren Arbeiten *Ehrlichs* bedeutend vervollkommenet wurden. Damit soll ihr Wert aber keineswegs herabgesetzt werden. Im Gegenteil wird für jeden Fachgelehrten gerade dieser Teil mit seinen realen Unterlagen der Beobachtung von allergrößtem Interesse sein, einerseits vom historischen Standpunkt aus, um den Gang der *Ehrlichschen* Entdeckungen auf dem Gebiete der histologischen Färbungen kennen zu lernen, um zu sehen, wie die hier aufgeworfenen Probleme und Ankündigungen späterer Einzeluntersuchungen teils die erwarteten Resultate, teils ganz unverhoffte Dinge hervorbrachten; andererseits wird

der Histologe auch heute noch eine Fülle von Anregungen aus dieser Arbeit schöpfen. Dieser zweite Teil ist also der erste, und zwar wohlgeplante Versuch einer speziellen, systematischen histologischen Färberei auf der Grundlage einer souveränen Beherrschung der Farbstoffchemie. Der Stand der Kenntnisse ist folgender: *Ehrlich* kennt die hohe Affinität der basischen Farbstoffe zu den Zellkernen, die Mastzellen, er erörtert schon ihre Beziehungen zu den Waldeyerschen Plasmazellen in richtiger, nicht mehr seiner allerersten Auffassung entsprechender Weise; er kennt die metachromatischen Färbungen, nicht nur die schon bekannte der amyloiden Substanz, sondern auch der Mastzellen, des Schleims, des Knorpels, des Horns. Auch schafft er Ordnung in der Verwirrung, die dadurch angerichtet wurde, daß verschiedene Farbstoffe unter gleichem Namen und identische Farbstoffe unter verschiedenem Namen von den Fabriken geliefert werden.

Die Idee, die den ganzen Arbeiten zugrunde liegt, ist also die *chemische Auffassung des Färbungsprozesses*. *Ehrlich* hält die Färbung für eine „unvollkommene Doppelsalzbildung“. Diese Auffassung findet sich auch in späteren Arbeiten *Ehrlichs*, aber nirgends ist sie so weitgehend begründet. Beruht diese Begründung allerdings überwiegend in einer kritischen Verwertung der Literatur, so hat sie doch einen doppelten Reiz für uns: erstens einen mehr allgemein-historischen; man sieht, daß auch damals zwischen der chemischen und physikalischen Auffassung der Färbung hin- und hergependelt wird, wie auch noch die folgenden Jahrzehnte bis heute; sind auch die Argumente etwas andere geworden, die Analogiebeispiele durch neue ersetzt worden, ist auch die Nutzenanwendung der jungen Kolloidforschung hinzugekommen und das systematische Studium der Adsorptionerscheinungen ein wenig in die Wege geleitet worden, so ist der Streit doch noch immer derselbe. Bei vielen Erscheinungen der Adsorption kolloidaler oder „halbkolloidaler“ Stoffe stehen wir an der Grenze zwischen chemischer Bindung und Adhäsionserscheinungen, die Entscheidung ist oft nicht zu treffen, und alles drängt zu der Annahme, daß es in der Tat Übergänge zwischen diesen beiden Arten der molekularen Anziehungen gibt.

Zweitens aber besteht der historische Reiz der Arbeit darin, daß *Ehrlich* in ihr seine entschiedene Stellungnahme zur rein chemischen Auffassung des Färbeprozesses ausgesprochen hat und die *Idee der chemischen Verankerung* von fremden Stoffen an das Protoplasma beim Nachdenken über das Wesen der Färbung entstanden ist. Diese Idee ist ihm dann folgerichtig zur Seitenkettentheorie ausgewachsen; und für diese Idee hat er sein Leben lang gekämpft und in diesem Kampf alle seine Entdeckungen gemacht. Fragen wir nun: War diese Idee richtig? Verschiedene Zeiten, verschiedene Forscher werden verschieden darauf

antworten; Ideen kommen, vergehen und werden durch neue ersetzt. Aber sie war bei ihm bei seiner Arbeit notwendig und nützlich, sie leuchtete ihm bei seinen Entdeckungen voran. Er arbeitete sein Leben lang daran, zu beweisen, daß diese Idee richtig sei, und dabei entdeckte er alle die *Tatsachen*, die nicht vergehen können und die Zeit überdauern werden.

Marbes „Gleichförmigkeit in der Welt“ und die Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Von Prof. Dr. R. v. Mises, Frankfurt a. M.

Der Würzburger Philosoph *Karl Marbe* hat in einem kürzlich erschienenen Buche „Die Gleichförmigkeit in der Welt, Untersuchungen zur Philosophie und positiven Wissenschaft“¹⁾, einige seiner schon früher veröffentlichten Ansichten über die *Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihren praktischen Wert* ergänzt und zusammengefaßt. Die Ergebnisse der Marbeschen Untersuchungen lassen sich am besten durch die folgende, gegen Schluß des Buches angeführte Anekdote²⁾ charakterisieren.

Ein Ehemann, dem viel daran gelegen ist, Vater eines Knaben zu werden, läuft in der letzten Stunde vor der Niederkunft seiner Frau auf das Standesamt, um nachzusehen, ob in der letzten Zeit mehr Knaben- oder mehr Mädchengeburten angemeldet wurden. Da er merkt, daß auf den letzten Seiten des Registers auffallend viel Mädchen eingetragen seien, hält er seine Aussichten, einen Sohn zu bekommen, für bedeutend gebessert. Während nun die allgemeine Meinung diesen Gedankengang für recht töricht ansieht, sagt *Marbe*: „Unsere statistischen Untersuchungen zeigen, daß (was man bisher immer übersehen hat) ein ganz, ganz kleines Körnchen Wahrheit auch in den Ansichten jenes Vaters steckt.“

Der Leser, der dieser Anekdote ein wenig nachdenkt, wird gewiß auf die Vermutung kommen, daß mit diesen Untersuchungen etwas recht Nützliches im Bereiche des Glücksspiels anzufangen sein müßte. In der Tat gibt *Marbe* im 23. Kapitel, das eine Apostrophe „An die Systemspieler und Spielbanken“ bildet, ein System an, von dem er, unter sehr geringem Vorbehalt, erklärt, man könne damit der Spielbank von Monte Carlo jährlich mehr als 16 Millionen (genauer 3 650 959 Frs. in je 79 Tagen) abgewinnen³⁾. Ich unterlasse hier jede nähere Angabe über das System und hoffe, daß diese Bemerkung genügen wird, um dem Buche mehr Leser zu verschaffen, als sie bisher irgendein philosophisches Werk gefunden hat, jedenfalls mehr, als ihm durch meine

teilweise ablehnende Kritik etwa verloren gehen könnten.

Im Ernst halte ich die Marbeschen Überlegungen für viel weniger leicht widerlegbar, als es nach der Sonderbarkeit der Ergebnisse den Anschein haben möchte. Gerade viele von den Einwendungen, die von mathematischer Seite gegen die ersten Veröffentlichungen erhoben wurden, haben sich als unhaltbar erwiesen⁴⁾. Dies mag daran liegen, daß die Pflege der Wahrscheinlichkeitsrechnung seit mehreren Jahrzehnten sehr vernachlässigt wurde und daß gründlichere Kenntnisse auf diesem Gebiete durchaus nicht zu dem Allgemeinbesitz der Mathematiker gehören. Die ausführliche Kritik, die *L. v. Bortkiewicz* dem Marbeschen Werk in einem neuen Buche „Die Iterationen“⁵⁾ angedeihen ließ, ist wohl mathematisch richtig, geht aber auf die prinzipielle Seite der Frage nur wenig ein. Außerdem glaube ich, daß sich der mathematische Teil der Untersuchungen, unter Vermeidung jedes größeren Apparates, in eine Form bringen läßt, die jedem, der etwas rechnen kann, die Beurteilung zugänglich macht.

Im ersten Teil des folgenden Aufsatzes hole ich etwas weiter aus, um den allgemeinen Wahrscheinlichkeitsbegriff der Mathematik und seine Anwendung nach Möglichkeit zu klären⁶⁾. Der zweite Teil behandelt dann das Problem der „reinen Gruppen“ oder „Iterationen“, an das die Marbesche Lehre vom statistischen Ausgleich unmittelbar anknüpft.

I. Allgemeines zur Wahrscheinlichkeitstheorie.

1. *Die Begriffsbildung in den exakten Wissenschaften.* Um bei der Beurteilung des Wahrscheinlichkeitsbegriffes nicht von vornherein in die üblichen Fehler zu verfallen, müssen wir einige allgemeine Bemerkungen über die Begriffsbildung in den exakten Wissenschaften vorausschicken. In der Tat besteht hier ein grundsätzlicher und nicht immer genügend gewürdigter Unterschied zwischen den exakten Wissensgebieten, wie Mathematik, Mechanik, Physik usw., auf der einen und allen übrigen Gebieten der Wissenschaft und des Lebens auf der anderen Seite. Der Philosoph kann sich z. B. die Aufgabe stellen, den Begriff der *Religion* zu erforschen. Er geht dabei so vor, daß er aus der Literatur und aus dem gewöhnlichen Sprachgebrauch alles das zusammenträgt, was irgendwie mit dem Wort „Religion“ verknüpft ist, und dann aus diesem Stoff ein logisch abgeschlossenes Ganzes bildet, indem er hinzufügt, was seiner Ansicht nach noch dazugehört, und ausscheidet, was ihm zum

¹⁾ Vgl. die Literaturangaben in dem weiter unten angeführten Werk von *L. v. Bortkiewicz*.

²⁾ Berlin 1917.

³⁾ Eine vollständige Darstellung der „Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung“ im Sinne der hier folgenden Ausführungen erscheint demnächst in der *Mathemat. Zeitschr.* Vgl. a. *R. v. Mises*, *Fundamentalsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Bd. 3.

⁴⁾ München 1916; hierzu ein Nachtrag: *Mathemat. Bemerkungen zu meinem Buch „Die Gleichförmigkeit in der Welt“*, ebenda 1916.

⁵⁾ A. a. O. S. 375.

⁶⁾ A. a. O. S. 374.

Gesamtbild nicht zu passen scheint¹⁾. So entsteht ein wissenschaftlicher Begriff von „Religion“, an den andere wieder anknüpfen, den die einen anerkennen, die anderen verwerfen, der sich jedenfalls mit der Zeit mehr oder weniger ändert. Die „Wörterbücher“ der Philosophie geben über solche Begriffsabgrenzungen und -wandlungen vielfache Auskunft. Ein Satz über „Religion“ gilt dem einen für richtig, dem anderen für falsch, je nachdem, welche Begriffsabgrenzung er *anerkennt*. Nicht viel anders verhält es sich etwa mit den Sätzen in nationalökonomischen Schriften, die z. B. den Ausdruck „Wert“ enthalten. Aus der großen Zahl von Bedeutungen, die man im gewöhnlichen Sprachgebrauch (und daher auch in der vorwissenschaftlichen und früheren wissenschaftlichen Literatur) diesem Wort beizulegen pflegt, wird je nach besonderer Übereinkunft innerhalb einer Gruppe von Spezialisten die eine oder andere herausgehoben und eventuell noch präzisiert. Immer wieder wird es aber Leute geben, die einen volkswirtschaftlichen Satz deshalb verwerfen, weil sie die Begriffsabgrenzung, die dem Ausdruck „Wert“ dabei gegeben werden muß, nicht gelten lassen. Es besteht eben die Auffassung, daß den Begriffen „Religion“, „Wert“ usw., *unabhängig von der Willkür der Autoren*, ein gewisser, mehr oder weniger bestimmter Inhalt zukommen müsse, und jeder, der die deutsche Sprache beherrscht, nimmt für sich in Anspruch, *wenigstens etwas von diesem Begriffsinhalt zu wissen*.

Sehen wir nun zu, wie es sich mit diesen Dingen in der Mathematik oder Physik verhält! Es gibt in der Geometrie den folgenden Satz: „Die Bewegungen des Raumes bilden eine Gruppe.“ Um dies zu verstehen, muß man wissen, daß die Bewegungen hier ohne Rücksicht auf ihren zeitlichen Ablauf als Raumtransformationen betrachtet werden — eine derartige stillschweigende Voraussetzung ist selbstverständlich stets in einem wissenschaftlichen Satz enthalten —, aber man muß auch die *Definition* kennen, die dem Begriff der Transformations-„Gruppe“ zukommt. Ohne diese Definition gelernt zu haben, aus der Beherrschung der deutschen Sprache heraus, kann niemand auch nur ahnen, was der Satz bedeutet, denn derjenige, der den Gruppenbegriff in die Geometrie eingeführt hat, hätte dafür ebensogut die Bezeichnung „Gesellschaft“ oder „Bund“ oder, wenn nicht gewisse Rücksichten auf den guten Geschmack vorgewaltet hätten, auch „Baum“ oder „Abc“ wählen können. Das Wort „Gruppe“, obwohl durchaus der Vulgärsprache angehörig, steht hier als ein *willkürlich gewähltes Zeichen* für einen durch eine exakte Definition festgelegten Begriff. In diesem Beispiel, das mit Absicht so gewählt wurde, liegen die Verhältnisse so klar, daß es kaum jemandem einfallen dürfte,

¹⁾ Vgl. z. B. Hermann Cohen, Der Begriff der Religion, Veröff. d. Marburger Schule, 1916.

den Gruppenbegriff der Geometrie aus der sonstigen Bedeutung des Wortes „Gruppe“ erklären zu wollen. Aber wie steht es in unzähligen anderen Fällen, in denen mathematische oder physikalische Begriffe, wenigstens mit ihren Bezeichnungen, in einen weiteren Kreis gedrungen sind! Welcher Gebildete ist nicht überzeugt, daß die „imaginären“ Zahlen etwas Unwirkliches und Unrealen sind, etwa wie ein imaginäres Geschenk kein Geschenk ist? Und doch ist es reine Willkür, daß wir die Quadratwurzel aus 3 als eine „reelle“, aber „irrationale“ (d. h. „unberechenbare“) Zahl und die Quadratwurzel aus minus 1 als eine „imaginäre“ (d. h. „eingebildete“) bezeichnen. Es hätte ebensogut auch umgekehrt kommen können, und dann wäre wohl der Laie überzeugt davon, daß die Wurzel aus 3 eine unwirkliche Zahl sei: gibt es doch weder eine ganze noch eine gebrochene, positive oder negative Zahl, die quadriert 3 ergäbe. Ganz ebenso verhält es sich z. B. bei dem physikalischen Begriff der „Arbeit“ oder „Energie“, und wer, ohne die ziemlich schwierige Definition der Begriffe zu kennen, sich etwas unter dem Satz von der Erhaltung der Energie vorstellt, etwa indem er an seine eigene „psychische“ oder „geistige“ oder „körperliche“ Energie denkt, der ist nicht klüger als der andere, der die imaginären Zahlen für weniger wirklich hält als die reellen Irrationalzahlen. Das Wesentliche ist, daß in den exakten Wissenschaften Worte der gewöhnlichen Sprache, bei einer *in weiten Grenzen willkürlichen Wahl*, zur Bezeichnung künstlicher, durch bestimmte Autoren *geschaffener Begriffe* verwendet werden. Man kann nebenbei bemerken, daß überall da, wo solche künstliche Begriffe oder ihre Bezeichnungen über die Fachkreise hinausgedrungen sind, sie die allgemeine Wortbedeutung allmählich etwas beeinflußt haben; dies zeigt sich z. B., wenn man in philosophischen Wörterbüchern die Erklärungen für „Kraft“, „Energie“ oder dergl. nachliest¹⁾. Der wissenschaftlichen Klarheit wird durch diesen, allerdings meist unbewußten Vorgang wenig gedient. Bei einigen der verbreitetsten Begriffe decken sich Wortbedeutung (Sprachgebrauch) und exakte Definition schon nahezu, z. B. Viereck, Kugel, Gewicht usw.

Man wird vielleicht einwenden, daß auch andere als die exakten Wissenschaften „künstliche“ Begriffe in dem hier erklärten Sinne besitzen. Das ist wohl richtig, es trifft aber dann gerade nicht die wichtigsten, grundlegenden Begriffsbildungen des betreffenden Gebietes. Entscheidend ist übrigens, daß wirklich exakte Definitionen nur möglich sind bei einem *vollständig systematischen Aufbau* des gesamten in Betracht kommenden Stoffes, weil sonst eben in der einzelnen Definition noch unbestimmte, nämlich „natürliche“, Begriffe verwendet werden müssen.

Viel wichtiger scheint der folgende Einwand

¹⁾ Vgl. z. B. Mauthner, Wörterbuch d. Philosophie, München und Leipzig 1910, Bd. I, S. 270 usw.

zu sein. Man könnte sagen: Ja, es ist leicht, künstlich abgegrenzte Begriffe innerhalb der Wissenschaft zu konstruieren; sobald man aber die Ergebnisse der Wissenschaft auf Objekte des realen Lebens anwendet, so hat man es doch wieder mit Dingen zu tun, die nur durch natürliche Begriffe erfaßt werden. Hier liegt tatsächlich eine gewisse Schwierigkeit vor, die man nicht immer stillschweigend übergehen sollte, aber sie bietet keinen Grund, an dem Wert und der Brauchbarkeit exakter Begriffsbildung zu zweifeln. Denn bei einer *richtigen* Anwendung z. B. des Energiegesetzes (etwa sobald wir die Größe der für ein Elektrizitätswerk erforderlichen Dampfmaschine berechnen) kommen durchaus nicht die Assoziationen, die mit der Wortbedeutung von „Arbeit“ oder „Energie“ verknüpft sind, zur Geltung, sondern ausschließlich Messungsergebnisse, die in bestimmter Weise den in der Physik definierten Größen entsprechen. Daß die physikalischen Gesetze sich in der Wirklichkeit niemals genau, sondern immer nur näherungsweise bestätigen lassen, trifft nicht die *logische*, sondern nur die *rechnerische* Seite der Anwendung. Man kann sagen, die Übertragung mathematischer oder physikalischer Theorien auf wirkliche Vorgänge erfolge *logisch exakt* und nur in Hinsicht auf die *numerischen Verhältnisse approximativ*. Wir werden dies bei der Anwendung des exakten Wahrscheinlichkeitsbegriffes noch näher verfolgen.

2. *Der Wahrscheinlichkeitsbegriff.* Nach dem, was eben über exakte Begriffsbildung im allgemeinen gesagt wurde, wird es nicht wundernehmen, wenn wir der Definition des *mathematischen Wahrscheinlichkeitsbegriffes* zunächst die Forderung vorausschicken, alles das auszuschalten, was man sonst an Gedanken und Vorstellungen mit diesem Wort zu verknüpfen gewöhnt ist. Mit der Wahrscheinlichkeit, daß es in 50 Jahren wieder einen Krieg gibt, oder mit der Wahrscheinlichkeit, die eine gewisse Lesart im Cicero „für sich hat“, hat die mathematische Wahrscheinlichkeit so wenig zu tun, wie der physikalische Arbeitsbegriff mit der Arbeit, die beim Komponieren der „Zauberflöte“ geleistet wurde. — Sodann müssen wir für die Exaktheit der hier durchzuführenden Definition eine gewisse Einschränkung gelten lassen: Es wird nicht möglich sein, alle vorkommenden Ausdrücke, die für mathematische Begriffe stehen, in dem vorliegenden Zusammenhang vollständig zu definieren. Wer die Begriffe nicht kennt — es handelt sich nur um solche, die an der Schwelle der höheren Mathematik gelehrt zu werden pflegen —, muß sich eben mit der Versicherung begnügen, daß ihre Definitionen in vollkommen exakter Form in allen Lehrbüchern zu finden sind.

Dies vorausgeschickt, beginnen wir mit der Betrachtung eines Objektes folgender Art: Es liege eine *unendliche Folge* von irgendwelchen gedachten Dingen vor, deren jedes einzelne als

Merkmal eine der beiden Zahlen „null“ oder „eins“ aufweist. Wenn wir die Vorstellung dieses Objektes möglichst konkretisieren wollen, so denken wir beispielsweise an die Aufeinanderfolge der längs einer sehr langen Chaussee aufgestellten Entfernungsmarken (Kilometersteine). Natürlich wird eine wirkliche Straße immer im Endlichen begrenzt sein, aber es bietet keine Schwierigkeiten, sich in Gedanken eine Straße vorzustellen, bei der auf jeden Kilometer ein weiterer folgt. Zwischen den eigentlichen Kilometersteinen stehen, wie wir annehmen wollen, von 100 zu 100 m kleinere Steine, die mit zur unendlichen Folge gehören. Wenn wir den kleinen Steinen das Merkmal „null“, den eigentlichen Kilometersteinen das Merkmal „eins“ zuteilen, so haben wir ein vollständiges Bild für das ins Auge gefaßte abstrakte Objekt. Ein anderes Beispiel ergibt sich, wenn wir als Einzelding oder „*Element*“ der Folge jede in das Standesamtsregister einer sehr großen Stadt eingetragene Geburt ansehen und dabei einer Knabengeburt die Zahl 1, einer Mädchengeburt die Zahl 0 zuweisen. Die Fortführung einer solchen Folge ins Unendliche ist nicht realisierbar, wohl aber durchaus *vorstellbar*. Schließlich kann man auch die Reihe der Ziehungen aus einer Urne, die schwarze und weiße Kugeln enthält und in die nach jeder Ziehung die gezogene Kugel zurückgelegt wird, hierher rechnen; es ist natürlich gleichgültig, ob man einen schwarzen Zug mit 0 und einen weißen mit 1 bezeichnen will, oder umgekehrt.

Es ist immer nützlich und erleichtert die Darstellung, wenn für wichtigere Objekte der Betrachtung, wie hier die unendliche Folge der durch ein Merkmal unterschiedenen Elemente, kurze Bezeichnungen eingeführt werden. Wir wollen das auch tun, aber in der Weise, daß wir zuvor dem in Rede stehenden Begriff noch gewisse Einschränkungen auferlegen, die sich aus dem Ziel unserer ganzen Überlegungen ergeben. Es soll in Zukunft eine unendliche Folge von Elementen, deren jedes eines der Merkmale „null“ oder „eins“ trägt, ein „*Kollektiv*“ (d. i. Sammelgegenstand) genannt werden, wenn die Verteilung der beiden Merkmale auf die Elemente *zwei bestimmten Forderungen* genügt, deren Formulierung wir uns jetzt zuwenden.

a) *Erste Forderung.* Wir betrachten die ersten 100, 1000, 10 000, . . . , kurz, die ersten n Elemente der unendlichen Folge. Unter ihnen gibt es eine gewisse Anzahl, sagen wir n_0 , solcher Elemente, deren Merkmal „null“ ist, während die übrigen, deren Anzahl wir mit n_1 bezeichnen wollen, also $n_1 = n - n_0$, das Merkmal „eins“ aufweisen. Die Quotienten $n_0 : n$ und $n_1 : n$ nennt man die „*relativen Häufigkeiten*“ für das Auftreten des Merkmals 0 bzw. 1 innerhalb der ersten n Elemente. Es genügt natürlich, nur einen der Quotienten zu untersuchen, da die Summe der beiden, wie man leicht einsieht, die Größe 1 hat, so daß der zweite sich sofort aus dem ersten be-

rechnen läßt. Die relative Häufigkeit $n_0 : n$ verändert sich im allgemeinen, wenn man n verschieden groß nimmt. In Fig. 1 ist das Bild entworfen, das man erhält, wenn im Falle der Kilometersteine die relative Häufigkeit $n_0 : n$ als Ordinate zu den Abszissen n aufgetragen wird; dabei ist angenommen, daß die Reihe mit einem eigentlichen Kilometerstein, dem also das Merkmal „eins“ zugehört, beginnt. Man sieht, daß die Zickzacklinie sich für Abszissen über 100 kaum merklich von der Horizontalen in der Höhe 0,9 unterscheidet. Es läßt sich auch leicht ausrechnen, daß die Abweichung zwischen der $n_0 : n$ -Linie und jener Horizontalen, sobald n über 100 liegt, höchstens noch ein hundertstel, allgemein für $n > N$ höchstens $1 : N$ betragen kann. Man drückt diesen Tatbestand (da $1 : N$ bei wachsendem N kleiner und kleiner wird) in der Analysis so aus, daß man sagt: der Unterschied zwischen $n_0 : n$ und der Zahl 0,9, geht gegen null, oder $n_0 : n$

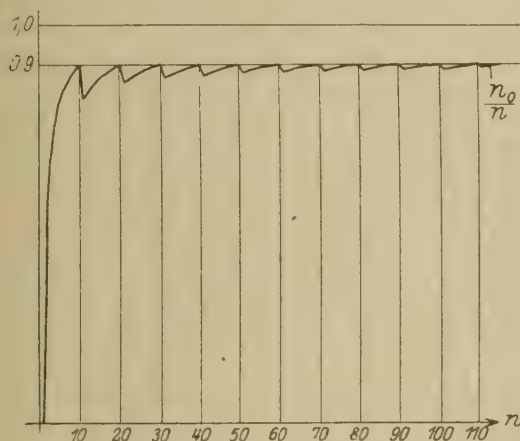


Fig. 1.

nähert sich dem Wert 0,9 oder „nimmt den Grenzwert 0,9 für unendlich großes n an“. Gleichzeitig muß natürlich $n_1 : n$ den Grenzwert 0,1 annehmen. Wir können jetzt unter Verwendung dieser Ausdrucksweise die erste Forderung, die an ein Kollektiv gestellt wird, formulieren: *Die relativen Häufigkeiten des Auftretens der beiden Merkmale sollen bestimmte Grenzwerte annehmen.* Man verwendet in der Analysis für Grenzwert das Zeichen \lim (limes = Grenze) und setzt darunter $n = \infty$, wenn der Grenzwert für wachsende n gebildet werden soll. Wir können also unsere erste Forderung auch so andeuten:

$$\lim_{n=\infty} \frac{n_0}{n} = w_0, \quad \lim_{n=\infty} \frac{n_1}{n} = w_1,$$

wobei in dem eben betrachteten Beispiel w_0 den Wert 0,9 und w_1 den Wert 0,1 besitzt. In geometrischer Form ausgesprochen, geht die erste Forderung dahin, daß die Linie für $n_0 : n$ als Funktion von n eine *horizontale Asymptote* besitzen soll.

b) *Zweite Forderung.* Nicht alle Elementfolgen, die der eben dargelegten ersten Forderung genügen, wollen wir zu den Kollektiven rechnen.

Vielmehr soll u. a. gerade der bisher als Beispiel verwendete Fall der Kilometersteine dadurch ausgeschlossen werden, daß wir fordern, die Zuordnung der Merkmale an die einzelnen Elemente müsse — in noch näher zu bestimmendem Sinn — *regellos* oder *zufallsartig* erfolgen. In dem Beispiel der Kilometersteine ist es klar, daß man in verschiedener Weise durch systematische Auswahl von Elementen die relativen Häufigkeiten verändern kann. Nehmen wir etwa nur jedes zweite Element, so wird, je nachdem, mit welchem begonnen wird, entweder $n_0 : n = 1$ für alle n (indem gar kein Kilometerstein vorkommt), oder limes von $n_0 : n$ gleich 0,8 (indem jedes fünfte Element das Merkmal 1 erhält). Dagegen kennen wir wohl Elementfolgen, bei denen eine solche Beeinflussung der relativen Häufigkeiten durch systematische Auswahl nicht möglich ist. Hierher gehört unter anderem der oben erwähnte Fall der fortgesetzten Ziehungen aus einer Urne mit schwarzen und weißen Kugeln: Betrachten wir nur jedes zweite Ziehungsergebnis oder eine irgendwie anders ausgewählte *Teilfolge* der Ziehungsergebnisse, so bleiben erfahrungsgemäß die relativen Häufigkeiten der beiden Merkmale, wenn nur n groß genug gewählt wird, unverändert. Daß die Erfahrung sich naturgemäß nur auf endliche Folgen beziehen kann, tut nichts zur Sache, wir stellen eben für unsere unendliche Folgen dieses Verhalten als *Forderung* auf. Dabei präzisieren wir die Art der vorzunehmenden Auswahl noch in zweifacher Weise: die ausgewählte Teilfolge muß selbst wieder eine *unendliche* sein (sonst könnte ja von einem Grenzwert nicht mehr gesprochen werden), und die Auswahl muß selbstverständlich *ohne Verwendung der Merkmalunterschiede* der auszuwählenden Elemente erfolgen. Das letztere deshalb, weil man ja sonst die Auswahl so treffen könnte, daß z. B. geradezu nur jedes Element mit dem Merkmal 0 oder nur jedes zweite mit dem Merkmal 1 oder dergleichen beibehalten wird. Dagegen ist es durchaus nicht notwendig, daß der Auswahl ein arithmetisches Gesetz zugrunde gelegt wird, man kann z. B. auch als Teilfolge auswählen: alle Elemente, denen ein Element mit dem Merkmal 0 vorangeht, usf. Wir formulieren nun die zweite Forderung, die an ein Kollektiv gestellt wird, wie folgt: *Wird aus der gesamten Folge der Elemente eine unendliche Teilfolge ohne Verwendung der Merkmalunterschiede der auszuwählenden Elemente gebildet, so sollen auch innerhalb der Teilfolge die relativen Häufigkeiten für das Auftreten der Merkmale Grenzwerte besitzen, und zwar dieselben wie die der Gesamtfolge.* Wir wollen diese Forderung als die nach der „*Regellosigkeit der Zuordnung*“ bezeichnen, die erste als die Forderung nach „*Existenz der Grenzwerte*“.

Es ist nunmehr ein leichtes, den Wahrscheinlichkeitsbegriff, wie wir ihn gebrauchen, exakt zu formulieren. Wir sagen:

Wenn eine unendliche Folge von mit „null“

oder „eins“ bezeichneten Elementen ein Kollektiv bildet, d. h. den beiden Forderungen nach Existenz der Grenzwerte und nach Regellosigkeit der Zuordnung genügt, so nennen wir die Grenzwerte w_0, w_1 der relativen Häufigkeiten die „Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten des Merkmals „null“ bzw. des Merkmals „eins“ innerhalb des betrachteten Kollektivs“.

Um Verwechslungen zu vermeiden, wäre es allerdings besser, statt „Wahrscheinlichkeit“ für den mathematischen Begriff einen andern Ausdruck, etwa „Probabilität“ od. dgl. zu wählen. Wir folgen aber dem bisherigen Gebrauch, der sich doch nicht mehr allgemein ausschalten läßt, indem wir einfach „Wahrscheinlichkeit“ sagen.

Aus der Definition geht vor allem hervor, daß wir von der Wahrscheinlichkeit nur innerhalb eines bestimmten Kollektivs sprechen können. Wenn im folgenden der Hinweis auf das Kollektiv gelegentlich fortgelassen wird, so geschieht es nur deshalb, weil kein Zweifel über das gerade in Betracht kommende Kollektiv möglich ist.

In einer Hinsicht ist die Definition offenkundig zu enge gefaßt, was nur vorläufig, der Einfachheit wegen, geschehen ist. An Stelle der zwei verschiedenen Merkmale kann man ohne weiteres auch mehrere, z. B. die Zahlen 0, 1, 2, 3 zulassen, oder auch Zahlenpaare 0,0; 0,1; 1,0; 1,1; Zahlentripel usw. Es ist auch durchaus nicht nötig, die Merkmale auf ganze Zahlen oder überhaupt auf diskrete Zahlenwerte zu beschränken. Den allgemeinsten Fall erhält man, indem man als Merkmal irgend eine Gruppe von k Zahlen oder, was dasselbe ist, einen Punkt des k -dimensionalen Raumes ansieht. Diesen k -dimensionalen Raum nennen wir dann kurz den „Merkmalraum“. Die erste Forderung ist allgemein so zu fassen, daß für zwei beliebige, einander ausschließende Teile (oder noch allgemeiner: Punktmengen) A_0 und A_1 des Merkmalraumes n_0 und n_1 die Anzahlen der Elemente bezeichnen, deren Merkmale nach A_0 bzw. A_1 fallen. Bei der zweiten Forderung muß man zunächst an Stelle der Gesamtfolge die Gesamtheit jener Elemente treten lassen, deren Merkmale einem bestimmten Teil A des Merkmalraumes angehören; zerfällt dann A in die beiden Teile A_0 und A_1 , so muß man verlangen, daß der Quotient der ursprünglichen Grenzwerte $w_0 : w_1$, die diesen Teilräumen entsprechen, erhalten bleibt, sobald aus der eben bezeichneten Gesamtheit von Elementen eine Auswahl ohne Verwendung der Merkmalunterschiede getroffen wird. — Dies mag in der allgemeinen Formulierung etwas verwickelt erscheinen, ist aber, wenn wir konkrete Anwendungen ins Auge fassen, durchaus nicht schwerer zu beherrschen, als die einfacheren, oben angeführten Sätze für den Fall von nur zwei verschiedenen Merkmalen.

3. Die Beziehungen zur Wirklichkeit. Es ist oben bereits teilweise angedeutet worden, welche Beziehungen zwischen unserem mathematischen Wahrscheinlichkeitsbegriff und wirklich beob-

achtbaren Erscheinungen bestehen. Um es im Zusammenhang zu übersehen, wählen wir wieder als Beispiel den schon erwähnten Fall der Urne mit schwarzen und weißen Kugeln. Element des Kollektivs ist ein Zug aus der Urne, Merkmal die Zahl 0 für eine schwarze, die Zahl 1 für eine weiße Kugel als Ziehungsergebnis. Man weiß nun aus Erfahrung, daß bei einer genügend weit gesteigerten Zahl von Ziehungen das Verhältnis der schwarzen zu den weißen Kugeln in immer engeren Grenzen schwankt. Abgesehen von kleineren alltäglichen Beobachtungen sind auch verschiedentlich Versuche in großem Umfang ausgeführt worden, so z. B. von Czuber, der die Ergebnisse der Prager und Brünner Lotterieziehungen aus den Jahren 1754—1886 zusammengestellt hat, wobei nur mit Nummern versehene Papierrollen an Stelle der Kugeln treten¹⁾. Übereinstimmend hat es sich immer wieder gezeigt, daß, wenn nur die Zahl n der Beobachtungen groß genug ist, die relativen Häufigkeiten sehr wenig von bestimmten festen Zahlen abweichen.

Hinsichtlich der in der zweiten Forderung zum Ausdruck gebrachten Eigenschaft der Elementfolgen sind wohl direkte Beobachtungen in systematischer Weise nur selten durchgeführt worden. Aber die alltägliche Erfahrung läßt es uns als ganz evident erscheinen, daß derjenige, der etwa nur bei jeder zweiten Lotterieziehung spielt, oder sich sonstwie die Ziehungen aussucht, keine anderen Gewinstaussichten hat, als der, der jedesmal setzt. Die Hauptstütze für die zweite Forderung liegt allerdings darin, daß aus ihr, wie sich zeigen läßt, das bekannte Multiplikationsgesetz der Wahrscheinlichkeiten folgt, dessen Übereinstimmung mit der Wirklichkeit bei allen großen — bisherigen — Versuchsreihen nachgewiesen wurde.

Alle wirklichen Beobachtungen können sich natürlich nur auf endliche Elementfolgen erstrecken, während ein Kollektiv definitionsgemäß aus unendlich vielen Elementen besteht. Daraus folgt schon, daß von einer Identität der von uns als „Wahrscheinlichkeiten“ bezeichneten Zahlen mit irgendwelchen Messungs- oder Zählungsergebnissen niemals gesprochen werden kann. Aber so, wie es in der Erfahrungswelt keinen mathematischen Punkt und keine mathematische Gerade gibt, die Geometrie aber sehr wohl praktische Anwendungen zuläßt, so liegt auch in der auf unsern Wahrscheinlichkeitsbegriff aufgebauten Theorie eine Möglichkeit, das Verhalten gewisser beobachtbarer Erscheinungsreihen mit größerer oder geringerer Genauigkeit zu beurteilen. Wie die Geometrie, so stellt auch die Wahrscheinlichkeitsrechnung eine in sich geschlossene, exakte Wissenschaft dar, die in ihrem Aufbau, in ihren Schlüssen und Lehrsätzen von aller äußeren Erfahrung unabhängig ist; aber die ersten Voraussetzungen, die sogenannten Axiome, dieses Wissensgebietes sind — ebenfalls wie in der Geo-

¹⁾ E. Czuber, Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. Aufl., Bd. I, Leipzig 1914, S. 157.

metrie — so gewählt, daß eine Anwendung der Ergebnisse auf Gegenstände der realen Außenwelt möglich ist. Der praktische Wert der Wahrscheinlichkeitsrechnung muß nach dem Umfang, in dem diese Anwendung zu brauchbaren, d. h. mit der Beobachtung übereinstimmenden, Resultaten führt, beurteilt werden. Daraus folgt schon, daß man die Wahrscheinlichkeitsrechnung keineswegs als „falsch“ oder „richtig“ bezeichnen kann: sie könnte unnütz sein, wenn es kein Erfahrungsgebiet gäbe, in dem sie anwendbar wäre, sie verliert aber nicht ihre Berechtigung dadurch, daß nachgewiesen wird, daß sie in dem einen oder andern Fall nicht anwendbar sei. Von diesem Standpunkt aus müssen wir auch die Marbeschen Überlegungen und Behauptungen beurteilen.

Das älteste und sozusagen klassische Anwendungsgebiet der Wahrscheinlichkeitsrechnung bildet die Lehre von den *Glücksspielen*, für die das wiederholt schon herangezogene Beispiel der aus einer Urne gezogenen Kugeln oder Lotterienummern typisch ist; andere Fälle sind das Würfel-, das Roulettespiel, viele Kartenspiele usw. Hier überall ist die Berechtigung der beiden Voraussetzungen — Existenz der Grenzwerte und deren Unabhängigkeit von einer beliebigen Auswahl — durch Jahrhunderte alte Erfahrungen nicht minder als durch die Ergebnisse umfangreicher systematischer Versuche bestätigt. Die Widersprüche, die *Marbe* beim Roulettespiel gefunden haben will, werden wir weiter unten besprechen. Auch wird noch, im folgenden Abschnitt, von einer Besonderheit die Rede sein, die die Anwendungen in der Lehre von den Glücksspielen kennzeichnet und die zu schiefen Auffassungen des ganzen Wahrscheinlichkeitsbegriffes geführt hat (Symmetrieprinzip und sog. a priori Wahrscheinlichkeit).

Als viel wichtiger müssen heute die Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung gelten, die man unter dem Namen der *statistischen* zusammenfassen kann (einschließlich der sogenannten Fehlertheorie), nämlich die in der Bevölkerungslehre, in der Versicherungswissenschaft, in der Biologie und vielen anderen Teilen der Naturbetrachtung. Es ist heute hier und da Brauch geworden, namentlich bei Versicherungsmathematikern, den Sachverhalt so darzustellen, als könnte man in diesen Gebieten ohne die Grundsätze der eigentlichen Wahrscheinlichkeitsrechnung auskommen, da man es nur mit *endlichen* Elementfolgen zu tun habe, wobei der Begriff des Grenzwertes gar keine Rolle spielt. Dies ist aber ein Trugschluß, und es dürfte kaum möglich sein, eine derartige „Quotenrechnung“, wie der neue Ausdruck lautet, widerspruchsfrei aufzubauen. Jedenfalls stimmt der Grundgedanke der Versicherungstheorie *genau* mit dem wesentlichen Inhalt unserer beiden Forderungen überein. Denn man kann diese im Sinne einer approximativen Anwendung auf die Wirklichkeit dahin zusammenfassen, daß zwei genügend große Gruppen von

Elementen, die demselben Kollektiv angehören, stets annähernd gleiche relative Häufigkeiten aufweisen müssen. Gerade das ist die Voraussetzung, die man macht, wenn man die Sterblichkeitsquotienten aus einer möglichst großen Gruppe erledigter Versicherungsfälle berechnet und dann auf die neu abzuschließenden Versicherungen überträgt. Daß dabei sorgfältige Erwägungen über die zeitliche und örtliche Abgrenzung des Beobachtungstoffes eintreten müssen, zeigt nur, daß es eben jedesmal auf die genaue Festlegung des Kollektivs ankommt, bevor man von Wahrscheinlichkeiten überhaupt sprechen kann.

Eine dritte Gruppe von Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung dürfen wir, obwohl sie in letzter Zeit große Bedeutung erlangt hat, in diesem Zusammenhang übergehen: das sind die sogenannten statistischen Untersuchungen in der *theoretischen Physik*. Hier ist der Zusammenhang zwischen Wahrscheinlichkeitstheorie und Wirklichkeit kein unmittelbarer, da Theorien physikalischer Natur zwischen beiden liegen.

Es bleibt nur noch, im Sinne unserer früheren Ausführungen zu erörtern, ob bzw. wie weit wir den exakt definierten und dann auf die Wirklichkeit übertragenen Wahrscheinlichkeitsbegriff (also die „Probabilität“) für das setzen dürfen, was im gewöhnlichen Sprachgebrauch „Wahrscheinlichkeit“ heißt. Die Dinge liegen hier nicht anders, als in der Physik, wenn wir als Maß der Temperatur die Dehnung der Quecksilbersäule einführen: wir verzichten dabei auf ein unmittelbares Maß der subjektiven Empfindung und setzen dafür ein objektiv feststellbares, zur Vergleichung taugliches Erkennungszeichen. Denn der Laie, der nichts von Wahrscheinlichkeitsrechnung weiß, versteht unter Wahrscheinlichkeit den *Grad der Gewißheit oder Ungewißheit*, mit der eine Hypothese aufgestellt wird. Die Beurteilung dieses Grades ist vollkommen *subjektiv*, d. h. es gibt keine Möglichkeit festzustellen, wie die Wahrscheinlichkeitsangaben zweier Personen zueinander liegen. Der eine hält es für sehr viel wahrscheinlicher, daß innerhalb der nächsten zehn Jahre ein Krieg ausbricht, als daß er selbst im Laufe des nächsten Jahres stirbt; der andere ist der umgekehrten Ansicht, aber daraus folgt noch nicht, daß die Kriegsvoraussicht des ersten stärker wäre als die des zweiten. In manchen, nicht in allen, Fällen der Anwendung des natürlichen Wahrscheinlichkeitsbegriffes kann man nun das Vorhandensein eines Kollektivs — nämlich in dem beschränkten Sinne, wie es in der Erfahrungswelt z. B. auch eine „Kugel“ oder eine „Gerade“ gibt — nachweisen und demgemäß den künstlichen Begriff der Wahrscheinlichkeit für den natürlichen einschieben. Man wird die Verhältnisse leichter übersehen, wenn wir für die mathematische Wahrscheinlichkeit das oben eingeführte Wort „Probabilität“ gebrauchen. Es müßte dann heißen: Die Probabilität kann als objektives Maß der Wahrscheinlichkeit verwendet werden, wie

der Stand der Thermometersäule als Maß des Wärmeempfindens. Beispiele für die Anwendbarkeit der „Probabilität“ sind alle oben angeführten Fälle der Glückspiele, der Sterbenswahrscheinlichkeit usf.; als Gegenbeispiele nennen wir wieder die Wahrscheinlichkeit einer Lesart im Cicero, eines Kriegausbruchs und ähnliches. Die Grenzen zwischen den beiden Möglichkeiten sind übrigens schwankend und man könnte, wenn man sich nicht scheut, den Dingen Gewalt anzutun, vielleicht immer noch eine Art von Kollektiv konstruieren. Das bekannte Problem von der Wahrscheinlichkeit der *Zeugenaussagen* liegt wohl schon jenseits der Grenze, d. h. man läßt derartige Dinge besser aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung fort, bei denen die Konstruktion des Kollektivs so weit hergeholt ist, daß der Eindruck einer Übereinstimmung zwischen dem subjektiven Empfinden und der errechneten Maßzahl nicht aufkommen kann.

4. Die Problemstellung der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Wir knüpfen jetzt an die in Abschnitt 2 gegebenen Definitionen des Kollektivs und der Wahrscheinlichkeit an, um das allgemeine Problem zu formulieren, dessen Behandlung den ausschließlichen Gegenstand der Wahrscheinlichkeitsrechnung bildet. Dabei wollen wir die Gesamtheit der innerhalb eines Kollektivs bestehenden Wahrscheinlichkeiten als die *Verteilung* für dieses Kollektiv bezeichnen. Z. B. bilden in dem einfachen Fall des Abschnitts 2. in dem nur „null“ und „eins“ als Merkmale auftreten, die Zahlen w_0 und w_1 die Verteilung. Kann jede der Zahlen 1, 2, 3, . . . , m ein Merkmal sein, so wird die Verteilung durch die entsprechenden Grenzwerte $w_1, w_2, w_3, \dots, w_m$ dargestellt, die wir uns etwa als Ordinaten zu den Abszissen 1, 2, 3, . . . , m aufgetragen denken können. Nunmehr spricht sich das allgemeine Problem wie folgt aus:

Gegeben sind ein oder mehrere Kollektivs mit ihren Verteilungen; aus diesen Kollektivs wird nach bestimmten Regeln ein neues abgeleitet, dessen Verteilung aus den gegebenen Verteilungen zu berechnen ist.

Wir führen zunächst vier Beispiele aus der Theorie der Glückspiele an: 1. Gegebenes Kollektiv ist die Folge der Würfe mit einem Würfel, Merkmal die Zahl 1 bis 6, die bei einem Wurf an der Oberseite erscheint; hierzu die gegebene Verteilung, bestehend aus den 6 Zahlen w_1, w_2, \dots, w_6 , deren Summe 1 ist und deren jede die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Merkmals 1 bzw. 2, . . . bzw. 6 darstellt. Das abgeleitete Kollektiv habe zu Elementen den ersten, vierten, siebenten . . . Wurf mit demselben Würfel. Die Merkmale sollen unverändert bleiben. Gefragt wird nach den Wahrscheinlichkeiten w_1' bis w_6' dafür, daß in dem neuen Kollektiv, also bei jedem dritten Wurf, eine der Zahlen 1 bis 6 erscheint. Aus der zweiten Forderung, die ein Kollektiv erfüllen muß (vgl. Abschnitt 2), folgt sofort die Lösung:

$$w_1' = w_1, \quad w_2' = w_2, \dots, w_6' = w_6.$$

2. Das gegebene Kollektiv sei dasselbe wie in der ersten Aufgabe. Das abgeleitete Kollektiv habe jetzt dieselben Elemente, also wieder sämtliche Würfe mit dem betrachteten Würfel, das Merkmal eines Wurfes sei aber null oder eins, je nachdem die getroffene Augenzahl ungerade oder gerade ist. Frage: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit w_0' eines ungeraden bzw. w_1' eines geraden Wurfes? Die Beantwortung erfolgt leicht nach bekannten Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung, es ist

$$w_0' = w_1 + w_3 + w_5, \quad w_1' = w_2 + w_4 + w_6.$$

3. Das gegebene Kollektiv sei wieder dasselbe wie in der ersten Aufgabe. Das abgeleitete bestehe aus allen Würfeln, die eine gerade Augenzahl ergeben, als Elementen, das Merkmal jedes solchen Elementes sei die Augenzahl, also die Zahl 2, 4 oder 6. Frage: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit w_2' (bzw. w_4' , w_6') dafür, daß ein Wurf, von dem man schon weiß, daß er geradzahlig ist, die Augenzahl 2 (bzw. 4, 6) ergibt? Wieder findet man nach bekannten Rechenregeln die Lösung:

$$w_2' = \frac{w_2}{w_2 + w_4 + w_6}, \quad w_4' = \frac{w_4}{w_2 + w_4 + w_6}, \\ w_6' = \frac{w_6}{w_2 + w_4 + w_6}.$$

4. Gegeben seien zwei Kollektivs, und zwar seien der Einfachheit wegen beide gleich dem in der Aufgabe 1 gegebenen. Das abgeleitete Kollektiv habe zum Element einen Wurf mit beiden Würfeln und als Merkmal das betreffende beim Wurf erscheinende Zahlenpaar 1,1; 1,2; . . . ; 6,6. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit $w_{\lambda, \lambda}$ bei einem Wurf mit beiden Würfeln die Kombination λ, λ (wo λ, λ zwei der Zahlen 1, 2, . . . , 6 bezeichnet) zu treffen. Die Antwort wird durch das sog. Multiplikationsgesetz der Wahrscheinlichkeiten geliefert und lautet:

$$w_{\lambda, \lambda} = w_\lambda \cdot w_\lambda \quad (\lambda = 1, 2, \dots, 6).$$

Diese vier Beispiele sind so gewählt, daß sie die vier Haupttypen von Ableitungen neuer Kollektivs aus gegebenen kennzeichnen. Wir sprechen im Fall der ersten Aufgabe von einer „Auswahl“, weil aus den Elementen des gegebenen Kollektivs nach einem in der zweiten Forderung ausgesprochenen Prinzip eine Teilfolge „ausgewählt“ wird, im Fall der zweiten Aufgabe von einer „Mischung“, weil hier die Merkmale 1, 3, 5 bzw. 2, 4, 6 zusammengelegt und die zugehörigen Elemente „gemischt“ werden, im dritten Fall von einer „Teilung“ oder „Aussonderung“, weil hier die Elementenfolge in zwei Teile geteilt und der eine, der die Elemente mit den Merkmalen 2, 4, 6 enthält, ausgesondert wird, endlich im vierten Fall von einer „Verbindung“ zweier Kollektivs. Durch Wiederholung und Kombination dieser Operationen, der Auswahl, Mischung, Teilung und Verbindung (einschl. einer gewissen Erweiterung, die hier übergangen werden soll) entstehen alle

jene Ableitungen neuer Kollektivs, mit denen man es in der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu tun hat. Die Rechnungsregeln, durch die in den letzten drei Fällen die gesuchten Verteilungen aus den gegebenen gefunden werden, lassen sich aus den Voraussetzungen, also im wesentlichen aus den beiden Forderungen, die an ein Kollektiv gestellt werden (Abschn. 2), herleiten. Man pflegt sie gewöhnlich als die Gesetze der Addition, der Division und der Multiplikation von Wahrscheinlichkeiten zu bezeichnen.

Bei der meist üblichen Behandlung der vier Aufgaben in den Lehrbüchern werden von vornherein die sechs Wahrscheinlichkeiten w_1 bis w_6 der einzelnen Würfelseiten als *untereinander gleich*, also alle gleich $\frac{1}{6}$ angesetzt. In der Tat ist diese Gleichwahrscheinlichkeit der sechs Würfelseiten das Kennzeichen eines „richtigen“ Würfels. Aber man erkennt, daß es für den Aufbau der Wahrscheinlichkeitsrechnung ganz unwesentlich ist, welche Zahlenwerte die Größen w_1 bis w_6 annehmen und insbesondere auch, auf welchem Wege diese Zahlenwerte gefunden werden. Wir stellen uns stets nur die Aufgabe, *aus gegebenen Wahrscheinlichkeiten andere zu berechnen*; dagegen gehört die Ermittlung der Verteilungen innerhalb des den Ausgangspunkt der Rechnung bildenden Kollektivs nicht zu den Aufgaben der Wahrscheinlichkeitsrechnung im engeren Sinn. Die Heranziehung einer Analogie aus einem anderen mathematischen Gebiet wird das sofort näher aufklären. Der Feldmesser kann die Lage eines entfernten Punktes C im Gelände dadurch bestimmen, daß er eine sog. Basisstrecke AB , d. i. die geradlinige Verbindung zweier zugänglicher Punkte, absteckt und dann durch Visieren von A und B aus die Winkel CAB und CBA mißt. Es ist eine Aufgabe der Geometrie, aus den gemessenen Größen AB , $\sphericalangle CAB$ und $\sphericalangle CBA$ die Koordinaten von C , oder etwa die Entfernungen AC und BC , zu bestimmen. Aber die Verfahren, die zur empirischen Ermittlung der Basislänge und der anliegenden Winkel führen, gehören *nicht* zum Aufgabenkreis der Geometrie, auch ist es für den Geometer ganz gleichgültig, ob eine solche Ermittlung überhaupt stattgefunden hat oder nicht. So muß auch die Wahrscheinlichkeitsrechnung in jedem Einzelfall *die Ausgangswahrscheinlichkeiten als gegebene Größen* ansehen.

Macht man sich die eben dargelegte Auffassung zu eigen, so verschwinden die meisten scheinbaren Widersprüche und Paradoxien (z. B. das sog. Bertrandsche Paradoxon)¹⁾ aus der Wahrscheinlichkeitstheorie. Insbesondere wird eine Schwierigkeit behoben, die wir schon in Abschn. 3 erwähnt hatten und die durch die historische Entwicklung der Wahrscheinlichkeitsrechnung aus der Theorie der Glücksspiele entstanden ist. Bei den Glücksspielen hat man es nämlich stets mit solchen physischen Objekten zu

tun, die im Hinblick auf eine gewisse Gleichverteilung der Wahrscheinlichkeiten hergestellt sind. Das gilt vom Würfel nicht minder als von dem Glücksrad, aus dem die Lottonummern gezogen werden, wie von der Roulette usw. Überall schließt man aus einem gewissen *Symmetrieprinzip*, das eine Folgerung aus dem Satz vom zureichenden Grunde bildet¹⁾, daß die „Chancen“, wie man sich ausdrückt, „gleich verteilt“ seien. Nach dem, was oben gesagt wurde, fällt dieser Schluß nicht in den Bereich der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Man hat aber irrigerweise vielfach gerade in der Aufsuchung sog. gleichberechtigter Annahmen den Schwerpunkt aller wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen gesehen und viel Scharfsinn darauf gewandt, diesen Standpunkt, also die Zurückführung aller Kollektivs auf solche mit gleichförmiger Verteilung, in allen Problemen durchzusetzen²⁾. Daraus sind die unfruchtbaren Bemühungen um eine allgemeine „Wahrscheinlichkeitsbestimmung a priori“ entstanden, deren geringen Wert *Marbe* mit Recht hervorhebt³⁾. Gerade bei den wichtigsten Anwendungen, etwa in der Versicherungswissenschaft, sind die Verhältnisse ganz durchsichtig: Ausgangspunkt ist die empirisch ermittelte Sterbenswahrscheinlichkeit aller Altersklassen, abgeleitet wird z. B. die Wahrscheinlichkeit, irgendein höheres Alter zu erleben. Von gleich möglichen Fällen ist da nirgends die Rede. Wenn wir die bereits erwähnte Analogie mit der Geometrie etwas weiter führen wollen, können wir die statistischen Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung etwa mit der „praktischen Geometrie“ (Geodäsie) vergleichen, in der die Daten der Aufgaben empirisch bestimmt werden, die Theorie der Glücksspiele aber mit der reinen Geometrie, die sich in keiner Weise darum bekümmert, woher die Daten bekannt sind, und speziell — im Hinblick auf die sog. Gleichverteilung — etwa mit der Lehre von den *regelmäßigen* Körpern oder Figuren.

(Fortsetzung folgt.)

Besprechungen.

Kükenthal, W., *Leitfaden für das zoologische Praktikum*. 7. umgearb. Aufl. Jena, Gustav Fischer, 1918. IX, 321 S. und 174 Abbild. Preis geh. M. 9.—, geb. M. 11.—.

Der Brennpunkt der zoologischen Forschung hat schon seit einer Reihe von Jahren eine Verschiebung erfahren von den morphologisch-phylogenetischen Fragen, denen sein aufklärendes Licht so lange Zeit vorzugsweise zugewendet war, hinüber zu vergleichend physiologischen und biologischen Problemen. Dieser Entwicklungsgang beginnt sich mehr und mehr auch im praktischen Unterricht geltend zu machen; so sind denn

¹⁾ Über die analoge historische Rolle des Symmetriepinzips in den Anfängen der Mechanik vgl. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung.

²⁾ Vgl. z. B. Joh. v. Kries, Die Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung, eine logische Untersuchung. Freiburg i. B. 1886.

³⁾ A. a. O. S. 177 ff.

unlängst nicht weniger als 3 Leitfäden für physiologisch-zoologische Kurse erschienen. Indessen wird Einführung in das Verständnis der Form des Tierkörpers immer eine grundlegende Aufgabe des zoologischen Unterrichts bleiben; das Erscheinen einer 7. Auflage des *Kükenthals* Buches beweist denn auch das Fortbestehen von Bedürfnis und Nachfrage nach einem Leitfaden, in dem das Morphologische im Vordergrund steht. Der im vorliegenden Praktikum vorgezeichnete Gang, der in systematischer Reihenfolge eine Reihe besonders charakteristischer Vertreter der einzelnen Tierstämme vorführt, ist nur einer der verschiedenen Wege, die in den zoologischen Kursen an deutschen Universitäten unter anderen begangen werden. Wenn sich *Kükenthals* Buch trotzdem fast überall seinen Platz erobert hat, so liegt das, wie mir scheint, an folgenden Vorzügen. Zunächst empfiehlt sich das Buch schon beim Durchblättern durch den Reichtum an wirklich brauchbaren und dabei geschmackvollen Originalabbildungen (viele von *Thilo Krumbach*). Wesentlich ist weiter, daß der Besprechung der Einzelpräparation stets eine allgemeine Übersicht über die betreffende Tiergruppe beigelegt ist, die von den Studierenden gern als Einführung und zur Repetition benutzt wird. In der Tat wird auch der repetitorienfeindliche Dozent ein Repetitorium, das die konkretesten Einzelbeschreibungen enthält, seinen Schülern empfehlen können, ohne die Bedenken, die gegenüber den tatsachenfremden Memorierstoffsammlungen am Platze sind. Endlich enthält das Buch für jeden Tierkreis einen kurz charakterisierenden systematischen Überblick.

Diese systematischen Übersichten der vorigen Auflage entsprachen nicht mehr in allen Punkten den neuesten Anschauungen, und auf sie beziehen sich daher die wesentlichsten Änderungen der neuen Auflage gegenüber der alten. So hat sich *Kükenthal* z. B. entschlossen, die Schwämme vom Stamm der Cölenteraten zu trennen und sie wegen des Fehlens eines festeren gewebemäßigen Zusammenschlusses der Zellen allen übrigen (nun als Eumetazoen bezeichneten) Vielzelligen gegenüber zu stellen. Im Stamm der Cölenteraten werden die Ctenophoren als Unterstamm der Acnidaria den Cnidariern koordiniert. Die Octo- und Hexacoralien sind zu Unterklassen erhoben, ihre Untergruppen, von denen jetzt auch die Zoantharia und Ceriantharia angeführt sind, zu Ordnungen. Die Plattwürmer, die *Kükenthal* früher als besonderen Tierstamm aufführte, sind jetzt wieder in den großen Kreis der Würmer hineingezogen, der nunmehr eingeteilt wird in die Unterstämme der „Amiera“ (Platodes und Nematelminthes), „Oligomera“ (Tentaculata, Brachiopoda, Chätognatha und Branchiotremata) und der „Polymera“ (Hirudineen, Chätopoden und Gephyrea). Diese Gruppierung ist didaktisch bestechend, obwohl bezweifelt werden muß, ob der „Unterstamm“ der „Oligomeren“ einen einheitlich entspringenden Ast des Stammbaums darstellt. Die Nemertinen, die früher als selbständige Klasse der Würmer aufgezählt wurden, sind in der neuen Auflage wieder in die Gruppe der Plattwürmer eingereiht, die Rotatorien nebst den jetzt aufgenommenen Nematorhynchen (Gastrotreichen und Echinoderiden) wieder in der erweiterten Klasse der Nematelminthes untergebracht. Neu aufgenommen in die Übersicht sind die Phoronida als Ordnung der Tentaculata sowie die Pterobranchier, Rhabdopleurida und Cephalodiscida und Enteropeusten als Unterklassen der Branchiotremata. Die Sipunculiden waren in *Kükenthals* Praktikum früher unter den „Prosopygiern“ untergebracht, in der Neuauflage werden sie als Achaeta neben den Chaetiferi

zu der viel kritisierten Gruppe der Gephyreen zusammengeschlossen und zu den Anneliden gestellt.

Während die Systematik der Echinodermen, Mollusken und Arthropoden keine wesentliche Änderung erfahren hat, weist die Neuauflage bei Tunicaten und Vertebraten wieder eine andere systematische Gruppierung auf. Die genannten Gruppen sind jetzt als Unterstämme des großen Chordatenstammes aufgeführt. Die Systematik der Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel hat keine Umarbeitung erfahren, auch Gruppen wie die Perennibranchiaten oder die Raptatores sind beibehalten, obwohl sie vom Standpunkt streng phylogenetischer Systematik aus kaum noch zu rechtfertigen sind.

In der Systematik der Säuger werden Polyprotodontia und Diprotodontia nicht mehr als Ordnungen, sondern neben den neu aufgenommenen Paucituberculaten als Unterordnungen der Ordnung Marsupialia (Unterklasse Didelphia) aufgeführt. Die Ordnungen der Monodelphia (Placentaltiere), die um diejenige der Pelzflatterer vermehrt sind, sind in der Neuauflage etwas umgestellt. Aus praktischen Gründen sind einige Ordnungen zu größeren Gruppen (ohne systematische Rangstufe) zusammengefaßt. So erscheinen die Ordnungen der Zahnwale und der Bartenwale wieder nebeneinander in der Gruppe der Wale, wobei ausdrücklich darauf hingewiesen wird, daß es sich um Konvergenz handelt. Ebenso sind die Perissodactyla, Artiodactyla, Hyracoidea, Proboscidea und Sirenia als Huftiere, Halbaffen und Affen als Primaten zusammengeordnet.

S. Becher, Rostock.

Ornithologische Mitteilungen.

Beiträge zur Kenntnis der Vogelfauna der verschiedenen Kriegsschauplätze. Über eine Reihe von Beobachtungen, welche während des Weltkrieges von unseren feldgrauen Ornithologen in Feindesland gesammelt wurden, darf vielleicht an dieser Stelle kurz berichtet werden. Wie auf den Gebieten der Prähistorie und der Geologie, der Altertumskunde und der Kunstdenkmale, der Botanik und Entomologie, so haben unsere deutschen „Barbaren“, oft unter dem Druck schwerer Stunden, Zeit gefunden, auch der Vogelwelt der besetzten Gebiete ihre Aufmerksamkeit zu schenken. Als der Kampf zum Stellungskriege wurde, da erwachte in vielen von ihnen die alte Lust und Neigung festzuhalten und aufzuschreiben, „was in der Natur um sie her vorging und was ihnen bemerkenswert und wissenswert dünkte, um sich selber Rechenschaft über die Tierwelt des Landes ablegen zu können“. Wesentliche Ergänzungen zur ornithologischen Erschließung der besetzten Gebiete, im Westen vornehmlich von Nordostfrankreich und im Osten der weit verzweigten Netze der Rokitnostümpfe, sind von unseren deutschen Ornithologen, die in der Front standen, geliefert worden. Aber nicht nur Beobachtungen, auch Belegexemplare wurden vielfach gesammelt, die in die Staatssammlungen von Berlin, Breslau, München und Stuttgart gelangten. Eine sehr große Sammlung Dr. *Fehringers* aus Mazedonien harret im Berliner Museum noch der Bearbeitung. Verschiedene neue Formen sind aus diesen Sammlungen beschrieben worden. Wenn unter den obwaltenden Umständen auch keine abschließenden Ergebnisse gewonnen werden konnten, so ist uns doch durch die bereits vorliegenden Arbeiten die Erkenntnis der Zusammensetzung der Vogelfaunen von Gebieten vermittelt und näher geführt worden, aus denen bisher

nur sehr dürftige Mitteilungen aus der Feder französischer und polnischer bzw. russischer Ornithologen vorlagen. Die bereits erschienenen Veröffentlichungen, so lückenhaft sie auch im einzelnen sein mögen, gewinnen dadurch ungemein an Wert, daß das Material für dieselben oft in den gleichen Gebieten aber in verschiedenen Jahren und von verschiedenen Beobachtern gesammelt wurde. Für die Registrierung der Zugescheinungen und für eine Kontrolle der gewonnenen Ergebnisse der ermittelten Daten ist dies von hoher Bedeutung.

In dem nordöstlichen Belgien und den angrenzenden Teilen Frankreichs, besonders in den verschiedenen Gebieten des Departements du Nord, haben Oberstabsarzt Dr. Gengler, Dr. Böker und stud. zool. Werner Sunkel erfolgreich beobachtet und gesammelt. Vom Oktober 1914 bis zum Winter 1917 sind sie in den genannten Gegenden tätig gewesen und haben sich zeitlich ergänzt. Dubois' Faune illustrée des Vertébrés de la Belgique (Brüssel 1876) sowie dessen Arbeiten in dem Bulletin der Brüsseler Akademie sind durch die von den Deutschen gesammelten Materialien wesentlich erweitert worden. Der Erforschung der vorgenannten Gebiete schließen sich die Untersuchungen Genglers und Bökers über die Vogelfauna des südöstlichen Belgien, der Maasgegenden und der weiteren Umgebung von Reims an, die dann zu den mannigfachen Arbeiten in den Argonnen hinüberleiten. Der landschaftliche Charakter der Umgebung von Reims ist durch den Krieg ein völlig anderer geworden. Zwischen dieser Stadt und dem Tal der Snippe sind an Stelle angebauter Felder, ausgedehnter Wiesen und niederer mit Kiefern und Laubgehölz bestandener Hügel steppenartige Landschaftsformen, überwuchert von Disteln und Unkrautgewächsen, getreten, die auch den Charakter der Vogelwelt beeinflußt haben. An Stelle der Sylvien und Fringilliden treten in den brachen Ödflächen der Triel und der Zwergrampe auf. Dr. Böker, der zwei Zugperioden hindurch in diesen Gegenden beobachtete, konnte feststellen, daß Reims an einer ausgesprochenen Zugstraße gelegen ist, welche hier in der Richtung von NO nach SW verläuft. Seine Untersuchungen haben wieder bestätigt, daß sowohl Wind wie Luftdruck einen ungemein sensiblen Einfluß auf den Zug der Vögel ausüben. Dem genannten Beobachter danken wir auch eine Reihe von Mitteilungen über den Einfluß, welchen der Lärm des Kampfes im Benehmen der Vögel bzw. einzelner Individuen hervorruft, eine Frage, die von den verschiedensten Beobachtern in ihren Berichten angeschnitten wird. Trotz betäubenden Kanonendonners und des andauernden Getöses der platzenden Granaten sangen die Feldlerchen in lichten Höhen unbekümmert ihre Lieder. Andererseits fand Böker, daß ruhig dahinfliegende Segler und Schwalben beim Abschuß schreckten, steil aus den Höhen herabfielen und unstät niedrig zwischen den Häusern weiterflogen, wenn die Geschosse pfeifend und brausend über sie dahin sausten. Verstummt der Lärm, erhoben sie sich wieder zu ihren gewohnten Höhen. Dr. Gengler hat aus seinen um Reims gemachten Sammlungen die Überzeugung gewonnen, daß viele der hier vorkommenden Brutvögel zwar nicht als subspezifische Formen von unseren deutschen abzutrennen sind, daß sie aber doch leichte Unterschiede in Färbung und Größe aufweisen, deren konstantes Auftreten eingehenderes Studium verdient.

Sehr viele und sorgfältige Beobachtungen, faunistische wie biologische, liegen aus der Champagne, den französischen Ardennen, den Argonnen und der Gegend

um Verdun vor. Oberförster Ludwig Schuster, Werner Sunkel, Dr. Franz, Leutnant Erwin Stresemann, Richard Heyder und Hauptmann Bacmeister haben hier in zielbewußter Arbeit wertvolles Material aus wenig erforschten Gebieten zusammengetragen. Sunkel konnte durch seine Winterbeobachtungen die interessante Tatsache feststellen, daß in den beregten Gebieten bereits Arten verbleiben, deren Winteraufenthalt wir viel weiter südlich zu legen gewohnt waren. Schuster hat hier dem Zugproblem seine Aufmerksamkeit zugewendet. Seine Beobachtungen über den Herbstzug im Jahre 1916 in den Argonnen haben den Beweis geführt, daß sehr ungünstiges Wetter den Zug der Vögel vielleicht zuerst hinausschieben und verzögern, dann aber nicht mehr zurückhalten könne. Daß mittelhohe Gebirgszüge kein Hindernis für die Wanderung bedeuten, haben die Untersuchungen Schusters wiederum gezeigt. Kein Vogel, weder groß noch klein, läßt sich durch den Nord—Süd ziehenden Argonnenwald in seinem Zuge beirren. Er geht quer darüber hinweg. Und dabei stände ihnen ein vortrefflicher Paß, das 1 km breite Tal der Aire, die die Argonnenhöhen ungefähr in ihrer Mitte in genau Ost-West-Richtung durchbricht und den Weg zur Champagne öffnet, zur Verfügung.

Aus der großen Anzahl von Veröffentlichungen, welche das Argonnengebiet im weiteren Sinne behandeln, verdienen zwei besonders erwähnt zu werden. Stresemann hat in den Veröffentlichungen der Ornithologischen Gesellschaft in Bayern eine umfangreiche Arbeit: Drei Jahre Ornithologie zwischen Verdun und Belfort veröffentlicht; und Walter Bacmeister hat, in Gemeinschaft mit Pfarrer Kleinschmidt, im Journal für Ornithologie begonnen, seine Untersuchungen über die Argonnen-Avifauna auf breiter Basis zu behandeln. In der Arbeit Stresemanns wird über Teile von Deutsch- und Französisch-Lothringen, über das interessante Waldland der mittleren Vogesen und der Hochvogesen mit dem Gebiet des 1268 m hohen Kleinen Belchen berichtet. Die Arbeit behandelt 118 Arten und Formen, geht auf das Vorkommen seltenerer ein und bringt Hinweise faunistischer Art auf die alten, wenig bekannten französischen Untersuchungen von Buchoz, Godron und Holandre. Von zoogeographischem Interesse ist der Hinweis, daß der Berglaubsänger (*Phylloscopus bonelli bonelli*) wie die schöne Alpenringdrossel (*Turdus torquatus alpestris*) von Stresemann nicht nachgewiesen werden konnten. Die inhaltreiche Arbeit Bacmeisters behandelt nach sorgfältigen Beobachtungen und umfangreichen Sammlungen das geologisch dem Jura angehörende Gebiet zwischen den Wasserläufen der Aisne und Aire. Das ausgeprägte Hügelland, bedeckt mit reichem Laubwald, geringerem Mischwald und ausgedehnten Ackergeländen, birgt eine reiche Vogelfauna, deren Arten und Formen kritisch abgehandelt werden. In dieser wie in anderen kleineren Mitteilungen hat Bacmeister wiederholt auf das häufige Vorkommen des Zaunammers, *Emberiza cirrus*, hingewiesen, der offenbar aus dem Süden eingewandert ist, sich allmählich weiter ausbreitet und schon in dem Beobachtungsgebiet überwintert. Das Vorkommen dieses schönen Ammers, der bis heute erst aus wenigen isolierten Gebieten Deutschlands bekannt ist, wurde auch von Schuster für Nordostfrankreich bestätigt. Diesem danken wir auch Mitteilungen über die Verbreitung des Girlitz und der kleinen schwer zu unterscheidenden reizenden Weidenmeise, *Parus atricapillus rhenanus*.

Aus den Sammlungen vornehmlich Bacmeisters ist von Pfarrer Kleinschmidt eine Reihe von „Subtil“-For-

men beschrieben worden — eine Schleiereule, *Strix hostilis*, ein grauer Würger, *Lanius gallicus*, ein Sperber, *Accipiter nisus gallicus*, ein Sperling, *Passer hostilis*, eine Schwanzmeise, *Aegithalos caudatus expugnatus*, um nur einige hier zu nennen —, deren Formenberechtigung erst auf Grund der Untersuchung umfangreicherer Materials zu erbringen sein wird.

Wenden wir uns nun dem Osten zu. Auch hier ist unsere Kenntnis der Vogelfauna der verschiedenen Kriegsschauplätze durch unsere feldgrauen Ornithologen wesentlich, vornehmlich in biologischer Hinsicht, gefördert worden. Auf die Beobachtungen des Majors von Versen über den Vogelzug in Kurland und diejenigen des Lehrers Leopold Dobbrück zur Ornithologie Russisch-Littauens, besonders des Gouvernements Kowno, sei hier nur hingewiesen. Zu den aus dem Westen schon genannten Beobachtern Bacmeister und Gengler treten für Polen noch Dr. Schlüter, Lehrer Stoltz, Prof. Pax und Graf Otto von Zedlitz und Trützschler hinzu. Das Gebiet des alten Kongreßpolen ist von der landeskundlichen Kommission beim Gouvernement Warschau in mehrfachen Arbeiten behandelt und der Kulturzustand des heutigen Landes in seiner Bedeutung für die Tierwelt geschildert worden. Die starke Entwaldung des Gebietes und die Trockenlegung der Sümpfe haben vornehmlich zur Veränderung der örtlichen Zusammensetzung der Fauna beigetragen. Neben Polen ist ein zweites Gebiet des Ostens, über welches deutsche Arbeiten bis jetzt nicht vorlagen, durch unsere Feldgrauen in ganz hervorragender Weise erschlossen worden. Es sind die im Norden von den Gouvernements Grodno und Minsk, im Osten von dem von Tschernigow und im Süden von Wolhynien begrenzten ungeheuren Sumpfgelände, welche geographisch als die Rokitnosümpfe zusammengefaßt werden. Mit außerordentlicher Energie und mit vielem Erfolg haben Graf Zedlitz — der hier an erster Stelle zu nennen ist —, ferner Gengler, Leutnant Graßmann, Förster Rüdiger, Dr. Denner u. a. hier gearbeitet und ihre Beobachtungen in zahlreichen, zum Teil umfangreichen Veröffentlichungen niedergelegt. Trotz ihres gleichförmigen geologischen Aufbaus zeigen diese ungeheuren Sümpfe einen reichen Wechsel der Vegetationsformen. Ununterbrochene weite Phragmitissümpfe wechseln mit in völligem Urzustande befindlichen Walddistrikten und mit Geländen sterilen Geschiebelehms, die an die Gletscherzeit erinnern. Eine reiche Vogelfauna ist hier vorhanden. In den westlichen Pripjetsümpfen haben Rüdiger und Denner, in dem nördlichen Teil, im Scharagebiet, hat Graf Zedlitz gesammelt und beobachtet. Von dem letztgenannten wurde eine unserer Wachholderdrossel nahestehende Form gefunden, welche von Friedr. von Lúcanus und Graf Zedlitz als neu angesprochen und zur Erinnerung an den 70. Geburtstag des Geh. Rat Reichenow *Turdus viscivorus jubilaus* benannt wurde. Neben der umfangreichen und wertvollen faunistischen Arbeit über die Schara-Sümpfe danken wir Graf Zedlitz eine größere Anzahl biologischer Mitteilungen. Des Genannten Veröffentlichungen über die Rabenvögel des westlichen Rußlands sowie seine Studien über den Einfluß des russischen Winters auf die Vogelwelt enthalten viel positives Material. Interessant ist in ihnen der Hinweis, daß alle im östlichen Deutschland zum Überwintern neigenden Arten Rußland dagegen allwinterlich verlassen. Die Zahl der eigentlichen Standvögel ist dort wesentlich geringer als in Deutschland. Nach den Beobachtungen des Grafen Zedlitz unterliegt es aber keinem Zweifel, daß der gefürchtete russische Winter von den Zug- und Standvögeln weniger Opfer fordert als

unser deutsches milderer aber launischeres Klima, dessen Wirken verheerend werden kann, wenn sich künstliche Überkultur und Verweichlichung dazu gesellen.

Den Herren Staatsanwalt Bacmeister und Dr. Gengler, die fast auf allen Kriegsschauplätzen Dienste getan haben, danken wir schließlich noch Mitteilungen von Beobachtungen aus dem Südosten. Letzterer hat aus seinen in Mazedonien zusammengebrachten Sammlungen einen neuen Raben, *Corvus corax dardaniensis*, der dem deutschen sehr nahe steht, beschrieben.

Die vorstehenden Hinweise mögen genügen. Sie zeigen, mit welch' lebhaftem Interesse und mit welchem Eifer unsere feldgrauen Ornithologen, oft unter den härtesten Daseinsbedingungen, ihrer Wissenschaft gedient haben. Es darf nach den vorliegenden, vielfach in der Hast des Augenblicks geschriebenen Berichten bereits heute gesagt werden, daß bei einer späteren Bearbeitung des gesamten gesammelten Materials sich wertvolle Beiträge zur Faunistik, Zoogeographie und Biologie der von den Deutschen besetzten Feindesgebiete ergeben werden, die die ältere Literatur über jene Länder wesentlich berichtigen und ergänzen dürften.

Hermann Schalow, Grunewald.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ein neues Verkokungsverfahren. In Amerika kommt seit einiger Zeit unter dem Namen „Carbocoal“ ein rauchfreier fester Brennstoff auf den Markt, der nach einem neuen, von der üblichen Methode der Verkokung ziemlich abweichenden Verfahren hergestellt wird. Man geht bei dem neuen Verfahren von zerkleinerter gasreicher Kohle aus, die zunächst bei einer Temperatur von nur 460—480° eine bis zwei Stunden destilliert wird, wobei ein großer Teil der in der Kohle enthaltenen flüchtigen Stoffe in Form von Gas und Teer entweicht. Der in den Retorten verbleibende Rückstand wird sodann mit Pech, das aus dem Teer gewonnen wird, vermischt und zu Briketts gepreßt. Diese Briketts werden sodann einer zweiten Destillation bei höherer Temperatur, nämlich bei rund 1000°, während 4—5 Stunden unterworfen. Bei dieser zweiten Destillation wird neben Gas und Teer auch Ammoniak gebildet, die Briketts werden bei der zweiten Destillation dichter und schrumpfen ein, ohne indessen hierbei ihre Form zu verlieren. Die so gewonnene „Carbocoal“ ist hart und von grauschwarzer Farbe; sie hat dieselbe Dichte wie Anthrazit. Die Briketts werden in verschiedener Größe hergestellt, je nachdem sie für häusliche Feuerungen, zur Heizung von Lokomotiven oder industriellen Feuerungen bestimmt sind. Die Ausbeute beträgt etwa 75% vom Gewicht der Rohkohle. Bemerkenswert ist, daß die erste Destillation der Kohle in ununterbrochen arbeitenden Retorten mit Rührvorrichtung ausgeführt wird, in denen die Kohle beständig in Bewegung gehalten wird. Aus 1 t Rohkohle gewinnt man rund 170 cbm Gas bei der ersten Destillation und etwa 110 cbm bei der zweiten; die Gasausbeute ist also geringer als bei der üblichen Verkokungsmethode, desgleichen die Menge des gewonnenen Ammoniaks, denn aus 1 t Kohle erhält man nur 9,5 kg Ammoniumsulfat. Dagegen soll die Ausbeute an Teer und wertvollen Ölen größer sein als sonst, und zwar annähernd doppelt so groß als bei der normalen Verkokung der Kohle. Ob der Erlös aus

diesen Ölen und dem neuen Brennstoff den Verlust an Gas und Ammoniak wieder ausgleicht, läßt sich einstweilen nicht beurteilen, da über die Wirtschaftlichkeit des neuen Verfahrens noch keine näheren Angaben vorliegen. Der Brennstoffverbrauch zur Beheizung der Retortenöfen ist zweifellos größer als bei der normalen Verkokung, da ja der Verkokungsrückstand zwischen der ersten und zweiten Destillation auf gewöhnliche Temperatur abgekühlt und hierauf abermals erhitzt werden muß.

Wie amerikanische und englische Fachblätter berichten, hatten die von der Marine und den Eisenbahnen mit dem neuen Brennstoff bisher angestellten Versuche ein günstiges Ergebnis. Das U. S. Fuel Board hat deshalb die Errichtung einer Anlage beschlossen, in der jährlich 1,5 Millionen Tonnen bituminöser Kohle nach dem neuen Verfahren verarbeitet werden sollen. Nach Versuchen der amerikanischen Regierung enthalten die Briketts weniger als 4 % flüchtige Stoffe und verbrennen daher ohne Ruß und Rauch; andererseits sind sie infolge ihres Gehaltes an flüchtigen Stoffen leichter entzündlich als Koks. S.

Neue Systematik der Gletschertypen. Die extensive geographische Forschung hat uns immer neue Formen der Vergletscherung kennen gelehrt, und die intensive Forschung hat sich in den letzten Jahren bemüht, die neu aufgefundenen Formen genauer zu beschreiben, ihre Entstehungsbedingungen zu erforschen und eine erschöpfende Einteilung der Gletschertypen aufzustellen. Es liegen darüber bereits verschiedene Arbeiten von v. Drygalski, Ferrar, Heim, Heß, Hobbs, Nordenskjöld und anderen Gletscher- und Polarforschern vor. Otto Nordenskjöld hat nun unter Berücksichtigung der früheren Untersuchungen einen zusammenfassenden Überblick über die Frage gegeben¹⁾, der in dem folgenden Einteilungsschema gipfelt:

A. Tieflandsgletscher: 1. Schelfeis. (Flaches Eisfeld, auf Tiefland und flachen Meeresteilen.)

2. Eisfußgletscher. (Bandförmige Eismassen an Küsten, dem allerinnersten Rand des Schelfeises entsprechend.)

B. Hochlandsgletscher: I. Kontinentale Gletscher. Äußere Form und Bewegung im wesentlichen unabhängig von den Terrainformen:

3. Inlandeis. (Randzone und dessen Ausbuchtungen klein im Verhältnis zur Gesamtmasse.)

II. Übergangsformen: 4. Kalottförmige Eisinnseln. (Mit Eis bedeckte kleinere Inseln, deren Eispanzer sich über die Küstenlinie ins Meer hinaus erstreckt.)

5. Spitzbergentypus. (Gebirgsformen größtenteils unter Eis begraben, aber doch bestimmend für die Gestalt der Gletscher.)

6. Plateauis. Norwegisch-isländischer Typus. (In der Form an Inlandeis erinnernd, aber doch stark beeinflusst durch die Plateaugestalt der Unterlage.)

III. Gebirgsgletscher. 7. Alpiner Typus. (Die einzelnen Abflußgebiete sind durch höhere, teilweise eisfreie Gipfel und Kämme getrennt.) Die Gebirgsgletscher tragen infolge weitgehender Verschiedenheit der Terrainformen und der Größe der Eisanhäufung ein sehr ungleiches Gepräge. Die wichtigsten Untertypen sind:

a) Alaskatypus. Piedmont- oder Vorlandgletscher. (Das Eis sammelt sich zu einer geschlossenen Masse vor dem Ausgange des Talsystems.)

b) Dendrittypus. (Ein ganzes Talsystem ist mit Eis gefüllt.)

c) Fächertypus oder Alpentypus. (Zusammenhängende Eismassen erfüllen den obersten Teil des Tales und vereinigen sich unten zu einer gemeinsamen Gletscherzunge.)

d) Hufeisentypus. (Einzelne in Felsnischen entsethene Hängegletscher finden sich an einem Berg oder dem obersten Teil eines Tales.) O. B.

Die Nebularhypothese. J. H. Jeans bespricht die gegenwärtige Lage der Nebularhypothese in der *Scientia* (Okt. 1918). Es gibt keinen auf maßgebende Beobachtungen gestützten Beweis für die aufeinanderfolgenden Stufen des von Laplace angenommenen Vorganges (vielleicht wegen der Beschränktheit unserer Beobachtungsmittel). Man kann die Hypothese nur prüfen durch die mathematische Untersuchung der Aufeinanderfolge von Konfigurationen einer rotierenden und sich verdichtenden Gasmasse. Nimmt man an, daß die Masse homogen und nicht zusammendrückbar ist, so läßt sich zeigen, daß Systeme entstehen würden, die Doppelstern- oder Vielfachstern-Systemen nahe entsprechen. Berücksichtigt man aber die Zunahme der Dichte nach dem Mittelpunkt hin, so sind nur angenäherte Lösungen des Problems erreichbar. Es scheint aber, daß für Dichten größer als $\frac{1}{4}$ des Wassers das Ergebnis dem für eine nicht zusammendrückbare Masse ähnlich sein würde, daß dagegen für kleinere Dichten die angenommene Form die von Roche abgeleitete Linse sein würde. In diesem letzten Falle würde, wenn eine gewisse kritische Geschwindigkeit erreicht ist, die Gestalt sich nicht weiter ändern, sondern von der Peripherie aus würde Materie abgeschleudert werden, und als ein Ergebnis von Gezeitenkräften würde die abgeschleuderte Materie die Form von zwei Spiralarmen annehmen. Man kann ferner zeigen, daß diese Arme nur zerbrechen, wenn sie aus einer hinreichend großen Masse bestehen, und daß, wenn ein vernünftiger Wert für die Dichte des Urnebels angenommen wird, die Kondensationskerne an Masse mit der Sonne vergleichbar sein würden. So wird die Vermutung nahe gelegt, daß der von Laplace ersonnene Vorgang zwar ganz unanwendbar auf das Sonnensystem ist, aber seine Wirkung in einem weit größeren Maßstabe in den riesenhaften Massen der Spiralnebel zum Ausdruck kommt; die Massenzerteilung liefert dann nicht Planeten und Monde, sondern Sternströme.

Spektra im elektrischen Ofen. Im Mount-Wilson-Laboratorium hat King die Spektra untersucht, die der elektrische Ofen bei Temperaturen von 1650°, 2000° und 2350° von Calcium, Strontium, Barium und Magnesium liefert (Astrophys. Journ. Bd. 48, p. 13). Die Ausdehnung der Beobachtungen in das Ultraviolett hinein zeigt, daß es eine Grenze gibt, über die hinaus keine Linien bei einer gegebenen Temperatur emittiert werden, und daß die Grenze mit Zunahme der Temperatur zu den kürzeren Wellenlängen hin rückt wie im kontinuierlichen Spektrum eines glühenden festen Körpers. Die Beobachtungen fördern das Charakteristische der verschiedenen Linien sehr deutlich zutage und gestatten ihre Klassifizierung mit Bezug auf die Temperatur. Die Linie bei λ 6573 ist unter den Calciumlinien einzigartig. Sie ist im Lichtbogen schwach und im Ofen noch schwächer bei hohen als bei niedrigen Temperaturen; sie ist viel stärker in den Spektren der Sonnenflecke und kann zuverlässig als

¹⁾ Bidrag till glaciärernas systematik af Otto Nordenskjöld. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar, Stockholm, 1918, Bd. 40, S. 547—561.

Indikator einer niedrigen Temperatur angesehen werden. In Übereinstimmung mit früheren Arbeiten erwies sich auch die Magnesiumlinie 4571 als eine Linie niedriger Temperatur von besonderer Art. Im Spektrum des Bariums ist nicht nur eine Verschärfung der Linien im Vergleich mit dem Lichtbogen vorhanden, sondern in mehreren Fällen auch eine Auflösung von diffusen Bogenlinien in zwei oder drei Komponenten; die aufgelösten Linien kommen möglicherweise unter den schwachen Absorptionslinien des Sonnenspektrums vor und deuten so an, daß die Zustände auf der Sonne in dem Gebiet, in dem diese Linien auftreten, eine mäßig hohe Temperatur mit niedrigem Druck bedingen.

Das metrische System in England. Zu den hartnäckigsten Gegnern des metrischen Systems in England gehören die Vertreter der Textilindustrie. Der britische Textilhandel, im besonderen der Baumwollhandel, ist vorherrschend in der Welt, und die verwandten Industrien in anderen Ländern haben der Hauptsache nach der englischen Führung folgen und ihre technischen Einheiten annehmen müssen; die gesamte Textilmaschinerie, die in England verwendet wird und von englischen Fabrikanten an ausländische geliefert wird, beruht auf britischen Maßen. Das Yard ist die Maßeinheit der Textilwaren fast auf allen Märkten des Ostens und der Vereinigten Staaten von Amerika und in dem ganzen britischen Reich, und der größere Teil der Textilausfuhr geht in die Länder des nicht-metrischen Systems. Das metrische System kann in England, soweit die Textilindustrie in Frage kommt, in der Tat nur mit der vollen Zustimmung und Mitwirkung des ganzen britischen Reiches und der Vereinigten Staaten zustande kommen.

Mit dieser hartnäckigen Abwehr des metrischen Systems steht es in interessantem Widerspruch, daß seit dem Oktober vorigen Jahres eine Vierteljahrschrift (*Decimal Educator*) in England erscheint, deren Zweck es ist, die Annahme des dezimalen Maß- und Gewichtssystems zu befürworten und verbesserte Dezimalmethoden im Unterricht und im Verkehr herbeizuführen. Einer der Aufsätze des ersten Heftes beschäftigt sich (nach der *Nature* vom 10. Okt. 1918) mit dem Unterricht im metrischen System und richtet sich gegen den törichten Eifer, mit dem viele Lehrbuchschreiber die langweilige und unpraktische Verwandlung des einen Maß- und Gewichtssystems in das andere behandeln, und verlangt die Revision der gegenwärtigen Methode das metrische System zu lehren. Alles in allem verspricht die neue Veröffentlichung ein nützliches Hilfsmittel im Kampf für das Meter- und das Dezimalsystem zu werden.

0 h bis 24 h. In der ganzen britischen Armee ist seit dem 1. Oktober die durchlaufende 24-Stunden-Zählung des Tages von 0 h bis 24 h, von Mitternacht zu Mitternacht eingeführt, wie sie auf der See angewendet wird. Man hofft, daß diese Vorschrift für die Armee die Annahme des Systems überhaupt vorbereitet. Dabinzielende Versuche wurden bereits vor 30 Jahren gemacht, z. B. wurde angeregt, die Astronomen zu veranlassen, den Beginn ihres Tages von Mittag auf Mitternacht zu verlegen, damals aber ohne Erfolg; die Versuche werden jetzt mit besseren Aussichten wieder aufgenommen. Wahrscheinlich werden, wie die *Nature* schreibt, die verschiedenen astronomischen Ephemeriden vom Jahre 1925 an den um Mitternacht beginnenden

Tag benutzen. Die Notwendigkeit, die Ephemeriden jahrelang im voraus vorzubereiten, macht eine baldigere Veränderung unpraktisch, aber es ist kein Grund dafür einzusehen, warum die allgemeine Einführung der Zählung von 0 bis 24 Uhr nicht früher beginnen sollte. Wenn die Eisenbahngesellschaften dazu übergehen würden, sie in ihren Fahrplänen anzuwenden, so würde jede Verwirrung zwischen a. m. und p. m. aufhören, und das Publikum würde sich sofort an die Zählung gewöhnen. Der Armeebefehl schreibt vor, stets vier Zahlen für Stunden und Minuten zu benutzen, z. B. 4,7 a. m. (4 Uhr 7 Minuten Vormittag) zu schreiben: 0407. Das ist den amerikanischen Astronomen längst geläufig.

Die Gasdurchlässigkeit von Ballonstoffen. Zur Prüfung der Gasdurchlässigkeit von Ballonstoffen nach einem von dem Bureau of Standards angegebenen Verfahren macht man das Gewebe zur Scheidewand zwischen zwei aneinanderstoßende Kammern und schickt durch die eine Wasserstoff, durch die andere Luft in abgemessener Geschwindigkeit hindurch. Dann mißt man die Konzentration des in die Luftkammer diffundierten Wasserstoffes mit einem Rayleigh-Zeiß-Gasinterferometer, dessen Platten 1 m Abstand voneinander haben. Wenn die Tiefe der Gas- und der Luftkammer der Permeabilitätszelle 2 mm resp. 4 mm beträgt, tritt der Gleichgewichtszustand etwa nach 30 Minuten ein. Die Ergebnisse sind etwa auf 5 % genau. Die Prüftemperatur ist 25 °C, die Durchlässigkeit ist bei 15 °C ungefähr 65 % der bei 25 °C vorhandenen. Getrocknetes Gas ergibt eine um 5 % größere Permeabilität als zu $\frac{2}{3}$ gesättigtes. (Dämpfe von Gummilösungsmitteln können die Richtigkeit der Ablesungen beeinträchtigen.) Die Permeabilität von Ballonstoffen relativ zu Luft findet man durch eine entsprechende Abänderung des Interferometers. Sie beträgt im Durchschnitt 1 : 3,8 von der Durchlässigkeit gegenüber Wasserstoff. — Nach einer Mitteilung Lord Sydenhams, die die *Nature* vom 23. Januar wiedergibt, erzeugen die Amerikaner jetzt große Mengen Helium, um es seiner Leichtigkeit und vor allem seiner Unentzündbarkeit wegen zur Füllung von Luftschiffen zu verwenden.

Höhenweltrekord des Flugzeuges. Nach einer in der *Nature* wiedergegebenen Mitteilung der *Times* vom 3. Januar hat ein englischer Doppeldecker mit einem Führer und einem Beobachter den Höhenweltrekord, den die Amerikaner aufgestellt hatten, gebrochen und eine Höhe von 30 500 (9302 m) Fuß erreicht, d. h. 1500 (457 m) Fuß über dem Gipfel des Mount Everest. Nicht die aerodynamische Leistungsfähigkeit der Maschine hat die Höhe begrenzt, sondern infolge der Dünne der Luft das Versagen der Gasolinpumpen. Das Flugzeug war ausgerüstet mit einer Napier-Lion-Maschine, der Bericht enthält nichts darüber, ob besondere Mittel angewendet wurden, um die Maschinenleistung in dieser Höhe aufrecht zu erhalten, in der die Luftdichtigkeit nur 28 % der Dichtigkeit am Boden beträgt und die Temperatur etwa — 40 °C. Man würde vielleicht sogar noch größere Höhen erreichen können, wenn man untergeordnetere Schwierigkeiten überwinden könnte, wie z. B. die, die mit der Vergasung bei niedrigen Temperaturen oder auch mit der körperlichen Belästigung des Piloten verbunden sind.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 12.

21. März 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Pfeilgifte und Pfeilgiftwirkungen. Von Prof. Dr. Louis Lewin, Berlin. S. 181.

Marbes „Gleichförmigkeit in der Welt“ und die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von Prof. Dr. R. v. Mises, Frankfurt a. M. (Fortsetzung). S. 186.

Besprechungen:

Henrich, Ferdinand, Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe. Von Fritz Paneth, Wien. S. 192.

Wiesent, J., Die neuesten Fortschritte in der

Erkenntnis der Eigenschaften der Materie. Von K. Fajans, München. S. 193.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Über bakterielle Variabilität. Reizleitung. Graphische Registrierung mit Hilfe eines Gasstrahles. Neue Theorie des Magnetismus. Bruchstücke von Diamanten. Tägliche Flugwetterberichte. Der Weltbedarf an Pferdekräften. S. 193–195

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen):

Annalen der Physik; 1918, H. 6, 7, 8 u. 10. S. 196.

Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

Herausgegeben von den Herausgebern der „Naturwissenschaften“
Dr. A. Berliner und Professor Dr. A. Pütter

Soeben erschien der erste Band:

Allgemeine Erkenntnislehre

Von Professor Dr. Moritz Schlick (Rostock)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. Näheres siehe III. Umschlagseite dieses Heftes.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Pettizelle angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 40 80 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten

Inhaber: Prof. Dr. Hugo Krüss,
Hamburg 11.

Die Anschaffung des

Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände gebunden 392 Mark
erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 25 ¹¹/₁₂ Quartalsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.



H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Siemens & Halske A.-G.

Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



Röntgeneinrichtung mit
Glühkathoden-Röhre für Diagnostik

Glühkathoden-Röntgenröhre

der Siemens & Halske A.-G.

Strahlenhärte u. Röhrenstrom
gleichzeitig und unabhängig
voneinander regulierbar. Die
Röhren sind konstant bei jeder
Härte und jeder Belastung.
(Vgl. Berl. Klin. Wochenschr.
1916, Nr. 12 und 13)

Vorführungen in unserm Ausstellungsraum
BERLIN NW, Luisenstrasse 58-59

Langenbeck-Virchow-Haus

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

21. März 1919.

Heft 12.

Pfeilgifte und Pfeilgiftwirkungen.

Von Prof. Dr. Louis Lewin, Berlin.

Nur wenige Rassen und Völker haben in den Zeiten, wo die körperliche Kraft oder die Geschicklichkeit im Pfeilschuß im Kampf gegen Tier und Mensch Gewähr für Erfolg gab, nicht versucht, in der sie umgebenden Natur Mittel zu finden, wodurch sie ihre Waffen gefährlicher machen könnten. Es erregt stets von neuem das Erstaunen des Forschers, wahrzunehmen, wie gut fast immer hierbei die Auswahl getroffen wurde. Auf diesem Gebiete, wie auf dem der Auswahl betäubender und erregender Genußmittel feierte das Streben nach Zweckmäßigkeit und das instinktive Finden der geeigneten Stoffe Triumphe. Denn hier spielten mechanisches Talent, Überlegung und Schlußfolgerung, wie sie für die Konstruktion der Waffe selbst erforderlich sind, keine Rolle. Schon aus dem größeren Teil des vorliegenden Pfeilmaterials ersieht man das Bestreben, den Bau so einzurichten, daß die erteilte Fluggeschwindigkeit möglichst wenig leidet, die gegebene Richtung beibehalten wird, das Eindringen in den Körper möglichst tief erfolge, die Berührungsfläche des Giftes mit der Wunde groß und das Ausziehen des Pfeiles erschwert werde. Die aus Knochen gefertigten Speerspitzen des prähistorischen Menschen aus der Madeleinepoche besitzen Kerbe, die als Giftbehälter aufgefaßt werden. Sie sind transversal in fast gleichen Zwischenräumen angeordnet. Auch Harpunen kennt man, die seitlich mit Widerhaken versehen sind, von denen ein jeder eine in seiner Mitte verlaufende, sauber gearbeitete feine, wahrscheinlich für Gift bestimmte Rinne aufweist. In der Höhle von Massat (Ariège) und in der von Excideuil in der Dordogne fanden sich Knochenpfeile mit Rinnen.

Aus drei Weltteilen haben uns *Griechen* und *Römer* die Nachricht über Gifte als Kampfmittel übermittelt. *Celten*, *Gallier*, *Belgier*, *Dacier*, *Dalmatier* gebrauchten solche Pfeilgifte; ebenso wie jene asiatischen Völker, die in dem Gebiete zwischen Schwarzem und Kaspischem Meer, östlich des letzteren und im alten Arianen, und weiter südlich über das alte Afghanistan und Beludschistan hinaus bis zur Küste des Arabischen Meeres und teilweise in Persien wohnten. Von jenen drei Erdteilen blieben bis vor kurzer Zeit nur noch zwei als Gebrauchsfeld für Kampfgifte übrig. Unsere Tage haben solche in anderer Gestaltung, unter Verletzung ethischer Empfindungen, leider wieder aufleben sehen.

Die Vorstellung von etwas besonders Furchtbarem, vor allem aber Barbarischem, der Geßittung Hohnsprechendem verband sich bei den alten Völkern mit dem Pfeilgifte, und das Bestreben, das wir auch heute haben, die Zusammensetzung desselben und Gegengifte zu erkunden, wir begegnen ihm allenthalben in Schriften des Altertums und selbst noch in denen, die aus dem 15. und 16. Jahrhundert die Verwendung solcher Waffen erwähnen.

Den germanischen Stämmen waren vergiftete Waffen nicht fremd. So vergiftete man z. B. in der Zeit der *Merowinger*, um sicher zu gehen, auch Schwerter. Mit einem solchen ließ *Fredegunde* den Frankenkönig *Sigibert* ermorden. In den alten germanischen Gesetzbüchern sind sogar Strafen für die Verwendung giftiger Pfeile ausgesetzt. *Vandalen* und *Angelsachsen* benutzten solche. Im *Beowulfepos* aus dem 7. Jahrhundert werden sie erwähnt:

„Hrunting“ nannten sie das mit Heft versehene Schwert,

Von althehrwürdigen Erbstücken wohl das erste,

Eisern war seine Schneide, ganz genetzt mit Gift.“

Von slawischen Stämmen gibt der oströmische Kaiser *Leo VI.* einen solchen Gebrauch an. Bei *Belgrad* verlor *Friedrich Barbarossa* 500 Soldaten, die von „*Serven*“ mit vergifteten Pfeilen erschossen wurden. *Gottfried von Straßburg* erwähnt in seinem „*Tristan und Isolde*“ mehrfach die „geluppeten“, d. h. vergifteten Waffen. Die *Mauren* in Spanien verwendeten noch gegen Ende des 16. Jahrhunderts Pfeilgifte für Jagd Zwecke. Im Kaiserlichen Inventar in Wien finden sich aus der Zeit von 1544–47 „Zwei hörnl mit Hispanischem Gift, zu dem geschoss des wildprets“.

Mit den Entdeckungsreisen von der Mitte des 15. Jahrhunderts an lernte man den Pfeilgiftgebrauch auch aus fernen Ländern kennen. Beim Landen an der *Gambiamündung* mußte der von einem Giftpfeil getroffene *Nuno Tristan* 1447 sein Leben lassen, und manchen anderen Europäer ereilte auch in unserer Zeit in jenen nordwestlichen und anderen Gegenden Afrikas ein solches Geschick. Je mehr Asien, Afrika und Südamerika durch Europäer betreten wurden, um so mehr sahen sie sich der Gefahr der Pfeilvergiftung ausgesetzt. Mit der schnellen Zunahme der Feuerwaffen hat sich auch der Gebrauch der Giftpfeile bedeutend verringert. Die Zeit liegt nicht fern, wo in manchen Teilen Afrikas und

Asiens der letzte Giftpfeil verschossen und die Kenntnis der Gifbereitung aus dem Gedächtnis der Eingeborenen geschwunden sein wird, da die Gewehre überall eindringen.

Die Schwierigkeiten einer systematischen Untersuchung der Pfeilgifte sind groß, weil wegen der Geheimhaltung der Gifbereitung das Material nur spärlich zu haben ist, weil die chemische Untersuchung mit so winzigen Mengen nur ausnahmsweise die Gewähr für eine Isolierung des oder der wirksamen Prinzipie gibt, weil diese Mittel meistens aus verschiedenen Pflanzen zusammengebraut werden, wobei chemische Zersetzungen möglich sind, und weil schließlich zur Aufklärung des Ganzen der Tierversuch hinzukommen muß, der ein nicht geringes Quantum des erlangten Giftes bzw. des wirksamen Prinzipes verlangt.

Viele Jahre lang, bis in die allerletzte Zeit hinein, habe ich an der Erforschung der hier zu lösenden Fragen gearbeitet und hoffe, in absehbarer Zeit das erschöpfende Werk darüber erscheinen lassen zu können¹⁾. Auch die Heilkunde hat ein Interesse an der Erkenntnis solcher Gifte, die zu den kräftigsten Stoffen gehören müssen, welche Organfunktionen des menschlichen Körpers jäh zu ändern imstande sind.

Die Bedeutung der Wunde tritt bei den Giftpfeilen zurück gegenüber den örtlichen bzw. allgemeinen Vergiftungssymptomen. Schon ein Schmerz, der durch einen ätzenden Stoff in einem Muskel erzeugt wird, vermag einen Gegner kampfschwach, und eine bald entstehende Entzündung ihn kampfunfähig zu machen. Ein so getroffenes Wild wird, durch den Schmerz gepeinigt, in tollem Jagen zu entfliehen suchen, aber gerade durch das Übermaß der Bewegung bald erlahmen und eine Beute des verfolgenden Jägers werden. Dies stellt nicht die ideale Wirkung eines Giftes dar; denn der Giftpfeilschütze verlangt schnelle Kampfunfähigkeit bzw. den Tod seines Feindes und müheloseres Erlangen seiner Beute. Wo aber hierzu geeignete Mittel nicht wachsen oder die Tradition nichts Besseres gelehrt hat, da sind auch Schmerzen und Entzündung bereitende Gifte willkommen.

Örtlich entzündende Gifte.

Es besteht die Vermutung, daß ein Pfeilgift der alten Gallier aus *Ranunculus Thora* bestanden habe, einem Gifte, das heftige eitrige Entzündung hervorzurufen vermag. Heute findet man vorzugsweise auf dem afrikanischen Kontinent den Gebrauch stark entzündungerregender wirkender Stoffe. Hauptsächlich ist es die Familie der Wolfsmilchgewächse, die benutzt wird. Die ätzende Eigenschaft derselben ist bei tropischen Pflanzen besonders groß. Brauche ich doch nur daran zu erinnern, daß sogar eine stark milchende und leicht

brechende Art, die *Euphorbia Tirucalli*, in Asien vielfach zur Umfriedigung der Behausungen benutzt wird, damit ein unberufener Eindringling seine nackten Glieder daran verätzte. Nach Versuchen an mir selbst erwies sich der Milchsaft von kultivierten Exemplaren als harmlos.

In Südafrika werden gebraucht: die Milchsäfte von *Euphorbia Dinteri* Brgr., die gemeinste der unter dem Sammelbegriff „*Euphorbia candelabrum*“ zusammengefaßten Euphorbiaarten, *E. commiphoroides*, *E. crotonoides*, *E. transvaalensis* u. a. m.

Die nördlich von Dahome im Dassagebirge hausenden *Annagos* bereiten ihr Pfeilgift aus einer *Kandelaber-Euphorbia*. Daß, wie angegeben wurde, der in das Auge gebrachte Saft derselben Blindheit, nämlich durch Hornhautentzündung, erzeugen könne, ist verständlich. Eine ganz ähnliche Angabe findet man über die *Bari*, die ihre Pfeile mit dem entzündungerregenden, aber nur selten tödlichen Saft einer *Kandelaber-Euphorbia* tränken. Auch andere Völker der Äquatorialprovinz, z. B. die *Kalika*, greifen zu diesem Gifte, das, ungleich anderen, besonderer Zubereitungen, wie Auspressen, Abkochen, Eindicken usw. nicht bedarf. Die Bewohner des Tabigebirges, die *Hammeg-Fungi* und *Burum*, greifen zu dem Milchsafte der *Euphorbia venenifica*. Sie schmieren ihn auf die, mit tiefen Kerben versehene, aus Ebenholz gefertigte Pfeilspitze. Aus einer milchenden *Asclepiadee* nehmen die *Danoa* oder *Haddad* im südöstlichen Kanem am Tsadsee ihr Pfeilgift. Sie benutzen den Saft der *Calotropis procera*, jener Pflanze, die in Ostindien unter dem Namen *Mudar* arzneilich benutzt wird. Statt dessen nimmt man wohl auch gelegentlich ein *Euphorbium*, das in der Bornusprache „Gururu“ heißt. Die im Bahr-el-Ghazal sitzenden *Bongo* benutzen außer Euphorbiasaft auch den Cayennepfeffer für Pfeilspitzen. Das gleiche tun die *Sakai* auf Malakka. Hier werden auch der Knollensaft mancher *Aroideen*, z. B. von *Amorphophallus Praelii* und *Epipremnum giganteum* (Ringhut) gebraucht sowie die stark hautreizende der *Colocasia indica* (Tolambo). In Surinam wird das ätzende *Arum venenatum* und auf Malakka vereinzelt eine andere *Aroidee*, vielleicht *Dieffenbachia seguina*, *syn. Caladium seguinum* benutzt.

Stanley berichtet, nach Angaben von Eingeborenen, der Pfeiltod von mehreren seiner Begleiter am Aruwimi sei auf Ameisen zurückzuführen, die auf die Pfeile gebracht würden. Ich halte dies für unrichtig. Dazu reicht die Ameisensäure nicht aus.

Gifte, die allgemeine Vergiftungssymptome erzeugen.

Die Wirkungsbreite der bisher skizzierten Giftgruppe ist beengt. Ihr Eintritt in das Blut vollzieht sich, besonders wenn es sich um zähe

¹⁾ Die vorliegende Abhandlung ist auf Wunsch der Schriftleitung dieser Zeitschrift verfaßt worden.

Pflanzensäfte handelt, nur langsam, und selbst wenn größere Mengen desselben in ihm kreisen, sind schwere Symptome nicht oder erst nach langer Zeit zu erwarten. Eine andere Gestaltung erlangt die Vergiftung, wenn Stoffe eingeführt werden, die auf lebenswichtige Organe oder Gehirnzentra einwirken, welchen die Funktionsregulierung solcher Organe obliegt. Die Kriterien solcher Wirkungen sind: Schnelligkeit und Lebensgefährdung. Reichlich verfügen wilde Völkerstämme noch über solche Mittel, und besonders da haben sie sich erhalten, wo europäische Mächte als Herren der betreffenden Gebiete und Völker die Einfuhr von Feuerwaffen und deren Erwerb seitens der Eingeborenen zu verhindern suchen.

a) Atmungsgifte.

Eine der am meisten in allen Zeiten gefürchteten Pflanzen, *Aconitum Napellus*, der Sturmhut bzw. *Aconitum lycoctonum*, der Wolfstöter, ist wahrscheinlich oft, in Spanien zweifellos zur Jagd, und von den Mauren, die dasselbe „Schießkraut“ nannten, in ihren blutigen Kriegen noch um die Mitte des 16. Jahrhunderts benutzt worden. Auch die Waldenser verwendeten eine Aconitzubereitung in ihren Verzweiflungskämpfen. Es ist die Pflanze, mit der — einzig in der Geschichte der Menschheit — Versuche an Menschen angestellt worden sind. Sie verabsolgte Matthiolus in Rom im Jahre 1524 auf Geheiß des Papstes Clemens VII. an zwei Verbrecher und später, im Jahre 1561 in Prag, mit kaiserlicher Erlaubnis, an einen solchen, um ein angebliches Gegengift an ihnen zu versuchen — natürlich mit tödlichem Erfolge. Versuche, die ich mit den Wurzelsäften beider obengenannten, in einer Höhe von ca. 1900 m gesammelten Pflanzen in der Art anstellte, daß ich damit getränkte, zugespitzte Hölzchen in das Unterhautgewebe von Tieren und tiefer einstieß und verschieden lange Zeiten dort beließ, ergaben, daß auf diesem Wege unter anderem Herzrhythmie entstehen könne, wie ich sie in Versuchen im Jahre 1876 auch durch Beibringung von Aconitin erzeugen konnte.

Heute greifen nur noch ostasiatische Stämme zu dieser Pflanze, um ihre Waffen tödlich zu machen. Im östlichen Teil des Himalayagebirges, etwa vom 82° östlicher Länge an, in Nepal, Assam, bei den Abor, südlich bei den Katschin oder Tsching-po in Birma und bei Stämmen am Lan-tsan-kiang trifft man einen solchen Gebrauch für Jagd und Kampf. Wohl sind die bei uns vorkommenden Aconitarten, wie *Aconitum Napellus*, reichlich mit jenem giftigen Bestandteile, dem Aconitin, versehen, von dem schon $\frac{1}{5}$ mg schwere Vergiftungssymptome erzeugen kann. Aber in den erstgenannten Gebieten, in einer Seehöhe von 10—14 000 Fuß, findet sich eine wegen der Intensität ihrer Wirkung noch mehr berühmte Art, *Aconitum ferox*, das „Mishmi Bish“ oder „Bikh“ der Assamesen und

der Abor. Alles, was diese an höchster Giftigkeit einer Substanz zuerteilen, konzentriert sich in dieser Pflanze, die deswegen auch „Bish“ (Virus), d. h. Gift κατ' ἐξοχήν, heißt. Und die Truppen der früheren Ostindischen Kompagnie haben oft genug das Verderbliche dieses Gewächses erfahren müssen, als sie gegen die Abor zogen. Das Gift soll so stark sein, daß es auch für die Elefantenjagd benutzt werden kann, und ein davon getroffener Elefant nicht mehr weit laufe.

Die Nepalesen haben drei in ihrer Wirkungsstärke verschiedene Aconitpräparate. Die Leute von Bhutan sammeln und verhandeln die für diese benötigten Aconitarten.

Aconit wird für diesen Zweck auch von den Aka, einem Stamm Assams, verwendet. Auf einer militärischen Expedition der Engländer gegen sie unterlagen viele Sepoys diesem Pfeilgift, das meist an schwalbenschwanzförmigen Pfeilspitzen haftet.

Ein weiter Raum trennt die genannten indischen Gebiete von den letzten Anwendungsorten des Aconits als Pfeilgift. Die Ainos auf Jesso bereiten aus den Nebenwurzeln von *Aconitum ferox* und *Aconitum japonicum* jenes Gift, mit dem sie auf die Bärenjagd gehen.

Menschen und Tiere enden durch Erstickung, falls genügend davon in den Kreislauf eintritt. Das Herz bleibt natürlich nicht von der Wirkung unberührt. Aber daß es nicht primär in Mitleidenschaft gezogen wird, ist für die Heilung solcher Vergiftungen von besonderer Wichtigkeit. Schon vor fast vierzig Jahren wies ich nach, daß die künstliche Atmung, die man, selbst bei tödlichen Dosen dieses Giftes lange genug fortsetzt, lebensrettend wirken kann.

Ein weiteres, die Atmung lähmendes und für Pfeile benutztes Gift stellt das Schlangengift dar. Die von ihm nur durch seine Eiweißstoffe ausgeübten Wirkungen wurden bei Menschen in allen Weltteilen so oft und so schlimm verwirklicht, und die Kenntnis des Schädigungsumfanges war so allgemein, daß die Verwendung als Pfeilgift sehr nahe lag. Nach römischen Berichten benutzten es unter anderen die Skythen, und weit über deren Wohnsitz hinaus ostwärts nach Indien hinein, nach Malakka und darüber hinaus war Jahrtausende hindurch, und ist zum Teil noch heute, bei Eingeborenen Schlangengift als Zusatz zu ihren Pfeilgiften im Gebrauch. Auf Malakka werden wahrscheinlich verwendet: *Bungarus fasciatus*, *Lachesis Wagleri* und sicher, wie ich aus untersuchten Original Exemplaren weiß, *Callophis intestinalis*, die ihre beutelartigen Giftdrüsen nicht wie andere Giftschlangen in der Schläfengegend, sondern in der Eingeweidehöhle vor dem Herzen hat. Der Stamm der Mantra und wahrscheinlich noch andere gebrauchen *Doliophis bivirgatus*, die ihre Giftbeutel ebenfalls im Leibe trägt und aus ihnen durch einen sehr langen Ausführungskanal das Gift in die Giftzähne durch Leibesbewegungen hineinpreßt. Auch

in Afrika wird vielfach, z. B. von den *Buschmännern*, den Pfeilgiften Schlangengift hinzugefügt. Sie nehmen hierzu u. a. die *Puffotter*, *Clotho arietans*. Das Gift wird gewöhnlich auf dünne Sehnenstreifen, die an der Pfeilspitze befestigt werden, mit anderen Giften gebracht. Der Eintritt genügender Mengen von Schlangengift in eine Pfeilgiftmischung kann derselben eine besondere Signatur verleihen: ihre Wirkung tritt schneller ein, und außer den schweren Funktionsstörungen, die das Schlangengift an dem regulatorischen Apparat für die Atmung im Gehirn veranlaßt, wird das direkt durch das Gift getroffene Gewebe durch einen akuten schmerzhaften Entzündungszustand, zu dem sich bald Gewebszerfall gesellen kann, krank.

Außer dem Schlangengift und dem Gift von Skolopendern und Skorpionen werden auf Malakka noch das Drüsengift der Rückenstacheln mancher Fische, z. B. von *Plotosus canius* und *Synanceia horrida* bzw. *S. verrucosa* und *S. didactyla*, oder die Leber von *Tetrodon stellatus* benutzt. Tetrodonarten werden in China und Japan seit Jahrhunderten auch zu Selbstmordzwecken verwendet. Darüber berichtete, wohl zuerst, der Arzt und Reisende *Kaempfer* aus dem Ende des 17. Jahrhunderts. Dieses Gift, das „Fugugift“, bewirkt im wesentlichen Lähmung.

b) Herzgifte.

In bezug auf den Verlauf und die Hilfsmöglichkeiten schlechter als bei den Atmungsgiften gestalten sich die Verhältnisse, wenn ein Gift eingeführt wird, das die Herztätigkeit primär zu lähmen vermag. Der überwiegend größere Teil der Pfeilgifte stellt solche Herzgifte dar. Es ist bemerkenswert, daß das instinktive Finden solcher Stoffe seitens der Naturvölker sich gerade auf die verderblichsten von allen erstreckt hat. Bereits die *Gallier* bedienten sich des Helleborus, eines ausgesprochenen Herzgiftes, und auch die spanischen *Mauren* sollen ihn bisweilen gebraucht haben. Heute findet man die mächtigsten dieser in Ostasien und Afrika im Gebrauch. Da ist die *Antiaris toxicaria*, der javanische Giftbaum, durch dessen Rindenverletzung ein giftiger Milchsaft (*Upas antjar*) gewonnen wird. Aus ihm wurde das „Macassargift“ hergestellt. Der Baum, der von Ceylon an über die Westghats bis nach Hinterindien und vor allem in Malakka vorkommt — auf Java ist er so ziemlich verschwunden —, erreicht im Urwald einen Durchmesser von ca. 1,5 m, einen Umfang bis 9 m und eine Höhe bis zu 75 m. Der weiße Milchsaft dunkelt an der Luft. Das wirksame Prinzip ist das kristallinische *Antiarin*, von dem etwa 0,000 01 g ausreichen, um einen Frosch in 24 Stunden, und 0,001 g, um einen Hund in 3—9 Minuten zu töten. Meist wird der leichte, giftbestrichene, nadelspitzige Pfeil aus einem Blasrohr geschossen, seltener werden auf Malakka Bogenpfeile versendet, z. B. von den *Semang* im Norden von Perak. Die

Flug- und Treffgrenze eines Blasrohrpfeiles, wofür er horizontal geblasen wird, ist 30—40 m, viel größer die Schußweite des vertikal gehaltenen Blasrohrs. In einem Falle konnte sie auf 288 m festgestellt werden. Auf der malayischen Halbinsel nimmt man etwa 90 g des Saftes für 100 Pfeile. Ein mit einem solchen Pfeil in den Schenkel getroffener Affe, der sich sofort selbst den Pfeil auszog, aber nicht verhindern konnte, daß die 2—3 cm lange Spitze stecken blieb, fiel nach 2½ Minuten tot vom Baum herab. Das Präparat mit der gehärteten Pfeilspitze in der Haut befindet sich in meinem Besitz.

Antiarissaft benutzen als Pfeilgift auch die *Muongs* vom Bavigebirge in Tonking, und die halbwilden *Moi* in Cochinchina schießen Pfeile entweder nur mit Antiarissaft oder Antiarissaft und *Strophanthus Pierrei* versehen. Auch auf Borneo, Celebes und den Mentawai-Inseln ist Antiaris das Pfeilgift oder die wesentliche Grundlage für solche, während auf den Philippinen *Rabelaisia philippensis* (*Lunasia amara*) es ist, die nach meinen, mit Material aus dem Leidener Museum angestellten Versuchen das Gift für Giftpfeilsender auf Luzon, Mindanao und Palawan liefert. In ihm wirkt das hygroskopische Alkaloid *Lunasin*, das schwere Herzstörungen und als Abhängigkeitsleiden daneben Krämpfe veranlaßt.

Räumlich verschwindet das Verwendungsgebiet des Antiarissaftes gegenüber dem zweier anderer Herzgifte, der *Acokanthera Schimperi* mit dem von mir dargestellten amorphen Ouabain als wirksamem Prinzip, und der *Strophanthus hispidus* und *Strophanthus Kombé*. Der Osten Afrikas gehört zu einem großen Teil der ersteren, das übrige Afrika — bis auf andersartige Gift-Enklaven — der letzteren an. Von dem Somaligebiet an noch bis über den Niassasee hinaus ist ein Extrakt aus dem *Acokanthera*-Holze, das in zierlicher Palmblattverpackung auch Handelsobjekt darstellt, bei zahlreichen Stämmen — den *Wataita*, *Wakamba*, *Wanika*, *Massai*, *Wapare*, *Wanderobo* u. a. m. — die wesentliche Pfeilgiftgrundlage. Das Gift trägt u. a. den Namen *Wabajo*. Es ist eines der heftigsten Gifte überhaupt, das leicht in dem davon betroffenen Gewebe löslich ist und in die Säftebahnen übergeht. Es ist das Gift, mit dem, falls es mit einer Lanze einem Elefanten oder Flußpferd eingestoßen wird oder auf einem Pfeil in Menschen dringt — und nicht selten geschah und geschieht dies —, außer einer örtlichen Unempfindlichkeit schwere Vergiftung mit gestörter Herzarbeit und den dadurch erzeugten schweren Leidensfolgen in der Atmung, bzw. der Tod veranlaßt wird.

So arbeiten auch die Extrakte aus *Strophanthus*-Arten. In West-Sudan und Oberguinea, im Futa-Djallon, im Goldküstengebiet, im Fra-Fra-Distrikt, im Norden von Togo (Landschaft Kabure), bei den *Fan*, den *Barba*, *Tamberna*, *Soma*, *Moba*, im Mittelsudan und Niger-Benue-Gebiet und im französischen Sudan, bei den *Fulbe*, *Bam-*

bara, bei den Stämmen des Sarro, bei den Lobi, den Mossi in Nigeria, aber auch weit hiervon entfernt im Stromland des Ogowe, im Sambesigebiet — überall dienen diese Pflanzen dem Vergiftungszwecke, für Jagd und Kampf von Menschen gegen Menschen. Im Wohngebiete der Lobi, im Kreise Gaa, allein kamen im Jahre 1905 300 Todesfälle durch Giftpfeile zustande. Von der Verwundung bis zum Tode vergehen etwa 15 Minuten. Qualvoll sind die Beängstigungen, die durch die Herzlähmung entstehen. Pferde gehen in etwa 20 Minuten durch das Gift ein: In nicht tödlich endenden Fällen entsteht oft an der Einschußstelle Entzündung der Gewebe bis zum Brand. Besonders kräftig ist auch das Gift der *Minianko* im französischen Sudan, für dessen Herstellung vielleicht *Strophanthus Preussii* Engl. verwendet wird.

In dem Gebiete zwischen dem Niger und dem französischen Dahomey verwenden die *Tschabeer* Pfeile, deren Schäfte etwa 60 cm und die mit Widerhaken versehene Eisenspitze etwa 15 cm lang ist. Die gewöhnliche Tragweite derselben ist 60 m, unter Umständen aber auch 150 m und mehr. Aus der Nähe geschossen haben sie eine große Durchschlagskraft. So drang z. B. bei einem Soldaten das Eisen in das Darmbein ein. In dem Kampfe bei Akbassa (Carnotville) erlagen im Jahre 1894 Soldaten solchen Pfeilwunden. Nach einem einfachen Schuß durch den Arm wurde ein Verletzter schwindlig und starb nach einer Viertelstunde. Das Gift der *Tschabeer* wird durch 24—36-stündiges Kochenlassen der zerkleinerten *Strophanthussamen*, Abgießen vom Ungelösten und Eindicken der Flüssigkeit gewonnen. Schichtweis wird das braune Extrakt auf die Pfeile aufgetragen. Von ihm töten 2—3 Milligramm ein Meerschweinchen von 500 Gramm Gewicht in 13 Minuten unter Atemnot und Konvulsionen.

Weitere Herzgifte sind das in Südwestafrika verwendete Echujagift von *Adenium Boehmianum* und das von mir in einem Pfeilgifte aus Westafrika erwiesene Gift von *Erythrophlaeum judiciale*, einem auch zu Gottesgerichten verwendeten Baume. Die *Monbuttuzwerge* benutzen es wie wahrscheinlich auch einige nordwestafrikanische Stämme.

Eines besonderen Hervorhebens bedarf noch der Milchsaft von *Calotropis procera*, einer 3 bis 5 m hohen Asclepiadee, dessen primäre Herzwirkungen ich neuerdings feststellte. Ihm kommen nebenher noch starke gewebsreizende Eigenschaften zu. Im Tschadseegebiete, in Bornu, Kanem, Bagirmi werden mit der Milch Pfeile vergiftet. Das wirksame Prinzip der Milch, das Calotropin, liegt in der von Harz und Eiweiß freigemachten Molke.

c) Krampfgifte.

Die Hoffnung, Menschen retten zu können, die von Pfeilen getroffen wurden, die ein

Krampfgift trugen, ist sehr viel größer, als bei Atmungs- und Herzgiften. Denn über zahlreiche narkotische Mittel verfügen wir, um Krämpfe zu beseitigen, ja sie so lange selbst nicht auftreten zu lassen, als bis das in die Blutbahn eingetretene, krampferzeugende Gift den Körper durch Harn, Kot usw. wieder verlassen hat. Kann eine solche Hilfe geleistet werden, dann ist sie auch aussichtsvoll, und wir fürchten nicht sehr das Geschloß mit seiner giftbewehrten Spitze.

Malakka stellt ein förmliches Pfeilgiftreservoir dar. Außer den bereits angeführten Herzgiften werden mit mannigfaltigen Zusätzen auch Krampfgifte von den zahlreichen wilden Stämmen benutzt. Dazu gehören z. B. *Strychnos lanceolaris*, *Strychnos Maingayi* und *Strychnos Wallichiana*.

Bei den *Dajak* auf Borneo wird, wie ich durch Analysen nachweisen konnte, *Strychnos Tieuté* (Upas Radja, das königliche Gift) gebraucht. In ein Palmblatt gewickelt und mit Faserschnur umschnürt, wird eine solche Gifttüte für den privaten Gebrauch, vielleicht auch für den Handel dargestellt. Sie ist gefüllt mit einem braunen, krümligen Pulver, dem Dekokt von *Strychnos Tieuté* und angeblich *Cocculus crispus*. Leicht vermochte ich daraus kristallinisches Strychnin darzustellen.

Ganz anderer Herkunft ist ein motorisches Erregungsgift, das *Buschmänner* Südafrikas zur Herstellung ihres Pfeilgiftes verwenden. Außer dem bereits erwähnten Euphorbiasafte und Schlangengift fügen sie demselben *Haemanthus toxicarius*, die Giftzwiebel, hinzu. Das Gemisch bringen sie auf ihre mit Knochenspitze versehenen Pfeile, bei denen ein widerhakendes Federplättchen für das Zurückhalten der giftigen Spitze in der Wunde sorgt. Dieses Gift, dort „Malkopvergif“, d. h. den Kopf wirr machendes Gift genannt, wirkt anfangs erregend, später lähmend auf Rückenmark, Gehirn und Atmungszentrum. Tiere, die erbrechen können, tun dies anhaltend und bis zur Erschöpfung, wenn auch nur kleine Mengen davon von Wunden aus in das Blut eintreten. Die Haltbarkeit dieses Buschmanngiftes ist eine besonders große. Ich habe solche Giftpfeile untersucht, die vor etwa 120 Jahren von Prof. Lichtenstein aus Südafrika mitgebracht wurden und unter wechselnden äußeren Verhältnissen hier in Berlin in Museen in diesem Zeitraume lagerten. Das an ihnen haftende Gift wirkte wie frisch dargestelltes. Aus der Zwiebel gewann ich das wirksame Prinzip, das atropinartig wirkende Alkaloid Haemanthin, das mit Schwefelsäure sich violett färbt. Die gleiche Reaktion gab auch nach entsprechender Bearbeitung das eben erwähnte alte Gift, *Haemanthus* allein ist imstande, den Pfeilgiftzweck zu erfüllen.

Vielfach werden von *Kalaharileuten* und bis in das Ovamboland hinein als Zusätze von mir zuerst untersuchte Käferlarven, oder diese allein, benutzt. Es handelt sich um die

Larven von *Diamphidia simplex* Péringuey, *Blepharida evanida* und *Blepharidella Lewini* Weise. In den beiden ersten ist das giftige Prinzip sicher ein giftiger Eiweißstoff, und wahrscheinlich auch in der letztgenannten. Der *Diamphidia* kommen besonders starke örtliche Entzündungswirkungen zu, die bis zu brandigen Veränderungen der damit berührten Gewebe gehen können. Nach der Aufnahme des Giftes in das Blut finden sich auch innerlich im Darm, am Bauchfell, den Nieren usw. Entzündungen vor. Gewisse *Buschmänner* drücken den Leibes-saft der Larven auf die Pfeilspitzen und lassen ihn hier hart werden; andere, wie die *Aukin*, trocknen die Larven, pulvern sie und mischen sie mit dem giftigen Saft von *Cucumis heptactylus*. Von einer Verreibung des Preßsaftes einer 0,12 g schweren *Diamphidialarve* in 1 ccm Kochsalzlösung bewirkte der vierte Teil bei einem Hunde anfängliche Zunahme von Puls und Atmung, nach 10 Stunden und später Erbrechen, blutigen Urin, nach 29 Stunden Atmungsstörungen, Krämpfe und den Tod. Die Atmungsstörungen treten oft ganz zurück gegenüber Krämpfen, die von den ersteren unabhängig sind. Man sieht mitunter Tiere nach der Giftbeibringung in die Höhe springen, Krämpfe bekommen und hinstürzen oder auch unter schweren Atmungsstörungen verenden. Gewöhnlich muß der *Buschmann* dem angeschossenen Tiere lange nachgehen, um es tot zu finden. Die *Aukinbuschleute*, die nur mit *Diamphidia* vergiften, tragen aus Furcht vor ihrem eigenen Pfeilgift die Giftspitze stets im Pfeilschaft verborgen. *Kungbuschmänner* und andere verwenden auch die genannten *Blepharidella*-arten.

Durch Starrkrampf töten sollten vergiftete, auf den *Hebriden* benutzte Pfeile, die man in ein *Tetanusbazillen* enthaltendes Erdreich oder, wie ebendort oder im Salomo-Archipel und in Neu-Guinea, in einen verwesenden Leichnam stieße. Die von mir untersuchten Gifte ließen gar keine Wirkungen erkennen und enthielten keine *Tetanusbazillen*.

d) Lähmungsgifte.

Ziemlich scharf läßt sich von den bisherigen Gruppen diejenige abtrennen, die bei gewissen Dosen primär die Bewegungsnerven in den Muskeln lähmen. Bewegungsunfähigkeit und auch Atmungsstörungen, eventuell Erstickung durch Untätigkeit der für den Atmungsprozeß notwendigen Muskeln, sind die Folgen einer solchen Vergiftung. *Walter Raleigh* brachte im Jahre 1595 ein solches Gift aus Amerika zu uns. Es ist das unter dem Namen *Curare* berühmt gewordene und auch heute noch am Amazonasstrom, am Orinoko, Tapajoz, Rio Negro, Rio Branco, Essequibo bei zahlreichen Stämmen, z. B. den *Ticunas*, *Arecunas*, *Macusi*, *Mesaya*, *Jipurina*, *Mahacu*, *Wapisiana*, *Atorai*, *Taruma*, *Mitua*, *Papaco*, *Uaupe*, *Siusi*, gebrauchte Pfeilgift, das — falls es noch voll wirksam ist — Frösche zu

0,000 02 g lähmt. Drei *Strychnos*-arten liefern dieses Gift, zu dem freilich hier und da auch Zusätze von *Cocculus toriferus*, Schlangengift u. a. m. gemacht werden. Ein ziemlich umfangreicher Tauschhandel findet innerhalb der angegebenen Gebiete mit demselben statt. Dieses Gift lehrte uns zuerst, wie innerhalb der sonst krampferregenden *Strychnos*-gruppe Pflanzen vorkommen, welche Lähmung zu äußern vermögen. Regungs- und bewegungslos liegen damit vergiftete Tiere und Menschen da, und ihre Atembewegungen, die immer schwächer werden, drohen ganz aufzuhören; aber ihr Leben kann dennoch lange erhalten, ja sie gerettet werden, wenn die künstliche Atmung lange gehandhabt wird. Schnell wird das Gift aus dem Körper ausgeschieden, und wenn trotzdem die Vergiftungssymptome noch lange anhalten, so zeigt dies, wie schwer die Nerven durch die Vergiftung gelitten haben. *Curare* wirkt auch vom Magen aus giftig. Die gegenteilige Behauptung ist irrig. Von zwei Katzen starb die eine, der *Curare* in eine Wunde gebracht worden war, in 11 Minuten, die zweite, die man es verschlucken ließ, in 17 Minuten. Ebenso sterben Tauben nach Verschlucken von 0,36 g in 25—30 Minuten. Die vergiftenden Dosen sind aus begreiflichen Gründen viel höher, als bei der Anwendung von Wunden aus.

Eine Besonderheit stellt der Gebrauch einer Froschart, des *Phylllobates melanorrhinus*, in Columbien durch die *Chocoinidianer* dar. Sie ziehen durch das Tier schräg durch das Maul in einen hinteren Fuß ein Stöckchen und nähern es so dem Feuer. Ein gelbliches, giftiges Sekret wird dadurch abgesondert, in das die Blasrohrpfeile getaucht werden. Ein einziges Tier liefert Saft für 50 Pfeile. Bei Menschen entstehen dadurch Erbrechen, Durchfall und allgemeines Zittern vor dem Tode. Muskuläre Erregungen kommen auch bei Tieren vor und können sich bis zu Krämpfen steigern.

Marbes „Gleichförmigkeit in der Welt“ und die Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Von Prof. Dr. R. v. Mises, Frankfurt a. M.

(Fortsetzung.)

II. Das Problem der reinen Gruppen oder Iterationen.

5. Problemstellung und Ansatz zur Lösung.

Wir beschränken uns hier auf die einfachste Form des von Marbe zur Sprache gebrachten Problems der reinen Gruppen, weil dies für unsere Absicht einer kritischen Erörterung der Lehre vom statistischen Ausgleich vollkommen ausreicht.

Das gegebene Kollektiv, das den Ausgangspunkt der Betrachtungen bildet, besteht aus den aufeinanderfolgenden Geburtseintragungen in das Standesamtsregister einer großen Stadt als Elementen. Merkmal eines Elementes ist „null“ oder „eins“, je nachdem die Geburt eine weibliche

oder eine männliche ist. Die zugehörigen Wahrscheinlichkeiten w_0 und w_1 , wofür wir, um Indizes zu vermeiden, f und m schreiben wollen, müssen natürlich als gegeben vorausgesetzt werden. Marbe hat durch Auszählung von 196 608 Fällen in den Listen von Augsburg, Fürth, Würzburg und Freiburg die relative Häufigkeit der Mädchengeburten zu 0,48901, die der Knabengeburten zu 0,51099 gefunden¹⁾. Diese Zahlen werden als Näherungswerte für f und m gesetzt, also

$$f = 0,48901, \quad m = 0,51099.$$

Das *abgeleitete* Kollektiv hat zum Element eine Reihe von N aufeinander folgenden Eintragungen in das Standesamtsregister, wobei N eine fest angenommene Zahl ist, über die noch gesprochen werden wird. Außer N ist eine kleinere ganze Zahl n gegeben, die in folgender Weise das Merkmal der einzelnen Elemente bestimmt. Es kann innerhalb einer Serie von N Eintragungen vorkommen, daß ein oder mehrmal genau n gleichartige, also entweder weibliche oder männliche, aufeinanderfolgen. Sei z. B. $N = 8$, $n = 2$ und es werde für den Augenblick der Einfachheit halber eine Mädchengeburt mit f , eine Knabengeburt mit m bezeichnet. Dann können unter anderen die Serien auftreten:

$f-f-f-f-m-f-f-f$
oder $f-m-f-f-f-f-m-m$
oder $m-f-m-m-f-m-f-f$
oder $f-f-m-m-f-m-f-f$

usf. Die erste dieser Serien enthält keine, die zweite 1, die dritte 2, die vierte 3 „reine Gruppen oder Iterationen zu zwei“. Wir setzen nun fest: Innerhalb des neuen Kollektivs sei das Merkmal eines Elementes, also einer Serie von N Eintragungen, die Anzahl der in der Serie auftretenden reinen Gruppen zu n . Die vier eben als Beispiele angeführten Elemente haben der Reihe nach die Merkmale 0, 1, 2, 3. Natürlich kann das Merkmal nicht größer sein als die größte in dem Quotienten $N:n$ enthaltene ganze Zahl. Nennen wir diese ganze Zahl v , so besteht also die gesuchte Verteilung aus den $v+1$ unbekannten Zahlen w_0, w_1, \dots, w_v , deren Summe 1 ist, und unter denen eine einzelne w_x die Wahrscheinlichkeit dafür bedeutet, daß in einer Serie von N Eintragungen gerade x reine Gruppen zu n auftreten. Um es nochmals genau zu sagen, bezeichnet w_x den Grenzwert, den man erhält, wenn man mehr und mehr Serien von je N Eintragungen betrachtet und jedesmal die relative Häufigkeit derjenigen Serien feststellt, die x reine Gruppen zu n enthalten; dabei ist vorausgesetzt, daß die Folge der gesamten Eintragungen selbst unbeschränkt fortschreitet, die relative Häufigkeit der Mädchen- bzw. Knabengeburten in der Grenze die oben angegebenen Werte aufweist und daß diese Folge auch der zweiten Forderung unseres Abschn. 2 genügt. Die Aufgabe, vor die wir uns gestellt sehen, besteht darin, die Verteilung

des abgeleiteten Kollektivs, also die Zahlen w_0 bis w_v , zu berechnen.

Um diese Aufgabe zu lösen, müssen wir die Ableitung des neuen Kollektivs als eine Zusammensetzung der einfachen, in Abschn. 4 angeführten Operationen darstellen. Das wird uns in einfacher Weise gelingen, wobei wir uns zunächst an den Spezialfall $N = 8$, $n = 2$ halten wollen, der genügend deutlich die allgemeinen Verhältnisse übersehen läßt. Es sei jedoch gleich hier bemerkt, daß im Marbeschen Fall N den sehr hohen Wert 49 152 besitzt, während n alle Werte von 1 bis 17 durchläuft. Demgemäß werden wir weiter unten an Stelle der zunächst durchzuführenden genauen Betrachtungen Approximationen treten lassen, die für große N Verwendung finden.

Der erste Schritt, den wir unternehmen, um von dem gegebenen Kollektiv — nennen wir es K — zu dem endgültigen, das K' heißen möge, zu gelangen, besteht darin, daß wir aus K , entsprechend der ersten Aufgabe des Abschn. 4, durch „Auswahl“ acht neue Kollektivs K_1 bis K_8 bilden. K_1 habe zu Elementen die erste, neunte, siebzehnte Eintragung, K_2 die zweite, zehnte, achtzehnte usw., endlich K_8 die achte, sechzehnte, vierundzwanzigste Die Merkmale der Elemente bleiben unverändert, also für eine Mädchengeburt „null“, für eine Knabengeburt „eins“. Nach dem, was oben zu Aufgabe 1 bemerkt wurde, bleibt die Verteilung beim Übergang von K zu einem der K_1 bis K_8 ebenfalls unverändert, d. h. die Wahrscheinlichkeit einer Mädchen- bzw. Knabengeburt wird auch innerhalb eines der Kollektivs K_1 bis K_8 durch dieselben Zahlenwerte f und m dargestellt.

Unser zweiter Schritt besteht in einer 7-maligen Wiederholung der Aufgabe 4, die wir zuerst auf K_1 und K_2 , dann auf das Teilresultat und K_3 , dann auf dieses Zwischenresultat und K_4 usf. anwenden. Das Ganze können wir auch unmittelbar als eine „Verbindung der acht Kollektivs K_1 bis K_8 “ bezeichnen, und es möge das Ergebnis dieser Verbindung K_0 heißen. Element von K_0 ist jede der aufeinander folgenden Achterserien von Eintragungen, also die Eintragung 1 bis 8, dann 9 bis 16 usf. Merkmal eines Elementes ist die Gruppe von 8 Zahlen gleich null oder eins, die in leicht ersichtlicher Weise den Eintragungen entspricht. Z. B. hat die erste der oben angeführten Eintragungsserien das Merkmal

0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0,

die zweite das Merkmal

0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1

usf. Deutet man die Merkmale als Punkte des 8-dimensionalen Raumes, so werden sie durch die sämtlichen Ecken eines Würfels von der Kantenlänge 1 dargestellt. Im ganzen gibt es $2^8 = 256$ verschiedene Merkmale, und jedem kommt eine gewisse Wahrscheinlichkeit zu. Die Anwendung der bekannten Multiplikationsregel, die auch oben bei Aufgabe 4 benutzt wurde,

¹⁾ A. a. O. S. 284.

ergibt, daß die Wahrscheinlichkeit der ersten der eben genannten Merkmale $f^7 m$, die des zweiten $f^5 m^3$ beträgt usw. Das allgemeine Gesetz ist klar: man hat ein Produkt von 8 Faktoren zu bilden, unter denen so viele gleich f bzw. m sind, als in dem Merkmal Nullen bzw. Einsen vorkommen.

In der untenstehenden Fig. 2 ist die Hälfte der 256 verschiedenen Merkmale von K_0 in folgender Art dargestellt. In jeder Zeile, die aus 8 nebeneinander gesetzten Kästchen besteht, bedeutet ein leeres Kästchen eine 0, ein mit einem Diagonalstrich versehenes eine 1¹⁾. Das Verfahren, nach dem die Kombinationen aneinander gereiht wurden, ist leicht einzusehen. Zunächst sind die ersten sieben Stellen als Nullen festgehalten,

I II										I II										I II										I II									
f^8										0 0	$f^7 m$									1 1	$f^7 m$										2 0	$f^6 m^2$							1 1
$f^7 m$										1 0	$f^6 m^2$									2 1	$f^6 m^2$										3 0	$f^5 m^3$							2 1
$f^6 m^2$										2 0	$f^5 m^3$									3 1	$f^5 m^3$										4 0	$f^4 m^4$							3 1
$f^5 m^3$										0 1	$f^4 m^4$									1 2	$f^4 m^4$										2 1	$f^3 m^5$							1 2
$f^4 m^4$										1 1	$f^3 m^5$									2 3	$f^3 m^5$										3 1	$f^2 m^6$							2 3
$f^3 m^5$										3 0	$f^2 m^6$									4 2	$f^2 m^6$										5 0	$f^1 m^7$							4 2
$f^2 m^6$										1 1	$f^1 m^7$									2 3	$f^1 m^7$										3 1	$f^0 m^8$							2 3
$f^1 m^7$										0 0	$f^0 m^8$									1 2	$f^0 m^8$										2 0	$f^{-1} m^9$							1 2
$f^0 m^8$										1 0	$f^{-1} m^9$									3 1	$f^{-1} m^9$										4 2	$f^{-2} m^{10}$							3 1
$f^{-1} m^9$										2 1	$f^{-2} m^{10}$									4 2	$f^{-2} m^{10}$										5 0	$f^{-3} m^{11}$							4 2
$f^{-2} m^{10}$										4 0	$f^{-3} m^{11}$									6 1	$f^{-3} m^{11}$										6 1	$f^{-4} m^{12}$							6 1
$f^{-3} m^{11}$										2 1	$f^{-4} m^{12}$									4 2	$f^{-4} m^{12}$										4 2	$f^{-5} m^{13}$							4 2
$f^{-4} m^{12}$										0 2	$f^{-5} m^{13}$									2 3	$f^{-5} m^{13}$										2 3	$f^{-6} m^{14}$							2 3
$f^{-5} m^{13}$										2 1	$f^{-6} m^{14}$									4 2	$f^{-6} m^{14}$										4 2	$f^{-7} m^{15}$							4 2
$f^{-6} m^{14}$										1 0	$f^{-7} m^{15}$									3 1	$f^{-7} m^{15}$										3 1	$f^{-8} m^{16}$							3 1
$f^{-7} m^{15}$										0 0	$f^{-8} m^{16}$									2 1	$f^{-8} m^{16}$										2 1	$f^{-9} m^{17}$							2 1
$f^{-8} m^{16}$										1 0	$f^{-9} m^{17}$									4 0	$f^{-9} m^{17}$										4 0	$f^{-10} m^{18}$							4 0
$f^{-9} m^{17}$										2 0	$f^{-10} m^{18}$									5 0	$f^{-10} m^{18}$										5 0	$f^{-11} m^{19}$							5 0
$f^{-10} m^{18}$										3 1	$f^{-11} m^{19}$									6 1	$f^{-11} m^{19}$										6 1	$f^{-12} m^{20}$							6 1
$f^{-11} m^{19}$										1 2	$f^{-12} m^{20}$									4 2	$f^{-12} m^{20}$										4 2	$f^{-13} m^{21}$							4 2
$f^{-12} m^{20}$										3 1	$f^{-13} m^{21}$									6 1	$f^{-13} m^{21}$										6 1	$f^{-14} m^{22}$							6 1
$f^{-13} m^{21}$										5 0	$f^{-14} m^{22}$									8 0	$f^{-14} m^{22}$										8 0	$f^{-15} m^{23}$							8 0
$f^{-14} m^{22}$										3 1	$f^{-15} m^{23}$									6 1	$f^{-15} m^{23}$										6 1	$f^{-16} m^{24}$							6 1
$f^{-15} m^{23}$										2 0	$f^{-16} m^{24}$									5 0	$f^{-16} m^{24}$										5 0	$f^{-17} m^{25}$							5 0
$f^{-16} m^{24}$										0 1	$f^{-17} m^{25}$									3 1	$f^{-17} m^{25}$										3 1	$f^{-18} m^{26}$							3 1
$f^{-17} m^{25}$										1 2	$f^{-18} m^{26}$									4 2	$f^{-18} m^{26}$										4 2	$f^{-19} m^{27}$							4 2
$f^{-18} m^{26}$										3 1	$f^{-19} m^{27}$									6 1	$f^{-19} m^{27}$										6 1	$f^{-20} m^{28}$							6 1
$f^{-19} m^{27}$										5 0	$f^{-20} m^{28}$									8 0	$f^{-20} m^{28}$										8 0	$f^{-21} m^{29}$							8 0
$f^{-20} m^{28}$										3 1	$f^{-21} m^{29}$									6 1	$f^{-21} m^{29}$										6 1	$f^{-22} m^{30}$							6 1
$f^{-21} m^{29}$										2 0	$f^{-22} m^{30}$									5 0	$f^{-22} m^{30}$										5 0	$f^{-23} m^{31}$							5 0
$f^{-22} m^{30}$										0 1	$f^{-23} m^{31}$									3 1	$f^{-23} m^{31}$										3 1	$f^{-24} m^{32}$							3 1
$f^{-23} m^{31}$										1 2	$f^{-24} m^{32}$									4 2	$f^{-24} m^{32}$										4 2	$f^{-25} m^{33}$							4 2
$f^{-24} m^{32}$										3 1	$f^{-25} m^{33}$									6 1	$f^{-25} m^{33}$										6 1	$f^{-26} m^{34}$							6 1
$f^{-25} m^{33}$										5 0	$f^{-26} m^{34}$									8 0	$f^{-26} m^{34}$										8 0	$f^{-27} m^{35}$							8 0
$f^{-26} m^{34}$										3 1	$f^{-27} m^{35}$									6 1	$f^{-27} m^{35}$										6 1	$f^{-28} m^{36}$							6 1
$f^{-27} m^{35}$										2 0	$f^{-28} m^{36}$									5 0	$f^{-28} m^{36}$										5 0	$f^{-29} m^{37}$							5 0
$f^{-28} m^{36}$										0 1	$f^{-29} m^{37}$									3 1	$f^{-29} m^{37}$										3 1	$f^{-30} m^{38}$							3 1
$f^{-29} m^{37}$										1 2	$f^{-30} m^{38}$									4 2	$f^{-30} m^{38}$										4 2	$f^{-31} m^{39}$							4 2
$f^{-30} m^{38}$										3 1	$f^{-31} m^{39}$									6 1	$f^{-31} m^{39}$										6 1	$f^{-32} m^{40}$							6 1
$f^{-31} m^{39}$										5 0	$f^{-32} m^{40}$									8 0	$f^{-32} m^{40}$										8 0	$f^{-33} m^{41}$							8 0
$f^{-32} m^{40}$										3 1	$f^{-33} m^{41}$									6 1	$f^{-33} m^{41}$										6 1	$f^{-34} m^{42}$							6 1
$f^{-33} m^{41}$										2 0	$f^{-34} m^{42}$									5 0	$f^{-34} m^{42}$										5 0	$f^{-35} m^{43}$							5 0
$f^{-34} m^{42}$										0 1	$f^{-35} m^{43}$									3 1	$f^{-35} m^{43}$										3 1	$f^{-36} m^{44}$							3 1
$f^{-35} m^{43}$										1 2	$f^{-36} m^{44}$									4 2	$f^{-36} m^{44}$										4 2	$f^{-37} m^{45}$							4 2
$f^{-36} m^{44}$										3 1	$f^{-37} m^{45}$									6 1	$f^{-37} m^{45}$										6 1	$f^{-38} m^{46}$							6 1
$f^{-37} m^{45}$										5 0	$f^{-38} m^{46}$									8 0	$f^{-38} m^{46}$										8 0	$f^{-39} m^{47}$							8 0
$f^{-38} m^{46}$										3 1	$f^{-39} m^{47}$									6 1	$f^{-39} m^{47}$										6 1	$f^{-40} m^{48}$							6 1
$f^{-39} m^{47}$										2 0	$f^{-40} m^{48}$									5 0	$f^{-40} m^{48}$										5 0	$f^{-41} m^{49}$							5 0
$f^{-40} m^{48}$										0 1	$f^{-41} m^{49}$									3 1	$f^{-41} m^{49}$										3 1	$f^{-42} m^{50}$							3 1
$f^{-41} m^{49}$										1 2	$f^{-42} m^{50}$									4 2	$f^{-42} m^{50}$										4 2	$f^{-43} m^{51}$							4 2
$f^{-42} m^{50}$										3 1	$f^{-43} m^{51}$									6 1	$f^{-43} m^{51}$										6 1	$f^{-44} m^{52}$							6 1
$f^{-43} m^{51}$										5 0	$f^{-44} m^{52}$									8 0	$f^{-44} m^{52}$										8 0	$f^{-45} m^{53}$							8 0
$f^{-44} m^{52}$										3 1	$f^{-45} m^{53}$									6 1	$f^{-45} m^{53}$										6 1	$f^{-46} m^{54}$							6 1
$f^{-45} m^{53}$										2 0	$f^{-46} m^{54}$									5 0	$f^{-46} m^{54}$										5 0	<							

Fig. 2.

während an letzter Stelle 0 und 1 abwechseln; dann werden auch an siebenter Stelle Einsen gesetzt, hierauf an sechster usw. Links neben jeder Zeile steht die Wahrscheinlichkeit des betreffenden Merkmals, auf die rechts stehenden Zahlen kommen wir noch zurück. Die zweite Hälfte der Merkmale erhält man, indem man in die leeren Kästchen 1, in die vollen 0 geschrieben denkt; in den Ausdrücken für die Wahrscheinlichkeiten sind f und m zu vertauschen; die Zahlen rechts bleiben unverändert (s. unten).

Um nun endlich von K_0 zu K' zu gelangen, braucht man nur noch eine „Mischung“ gemäß Aufgabe 2 durchzuführen. Denn die Elemente

¹⁾ Um Raum zu sparen, sind die 128 Zeilen in 4 Gruppen von je 32 geteilt und die Gruppen nebeneinander gesetzt worden.

von K_0 sind ja schon die von K' , nur die Merkmale müssen noch vereinfacht werden. Es erhalten jetzt alle jene Elemente, d. s. Achterserien von Eintragungen, dieselbe Zahl x als Merkmal, in deren bisherigem Merkmal — bestehend aus einer Gruppe von 8 Zahlen 0 oder 1 — gerade x reine Gruppen von je zwei Nullen oder Einsen vorkommen. In dem ersten der wiederholt herangezogenen Beispiele haben wir das neue Merkmal 0, im zweiten das neue Merkmal 1. Da jetzt $N : n = 4 = v$, so gibt es im ganzen 5 verschiedene Merkmale, nämlich die Zahlen 0, 1, 2, 3, 4. Die zweite Kolonne der in Fig. 2 rechts den einzelnen Zeilen beigesetzten Zahlen gibt das ohne weiteres feststellbare Merkmal an.

das jeder Zeile als einem Element von K' zukommt. Man erkennt jetzt leicht, daß diese Zahlen unverändert bleiben, wenn man von der ersten Hälfte der 256 Merkmale zur zweiten übergeht. — Die erste Kolonne rechts gibt die analogen Zahlen für die durch $n = 1$ bestimmte Aufgabe.

Die gesuchte Verteilung von K' , die aus den 5 Zahlen w_0 bis w_4 besteht, findet man im Sinne der in Abschnitt 4 gegebenen Lösung der Aufgabe 2 wie folgt. Man stellt alle in Fig. 2 links angeschriebenen Wahrscheinlichkeiten, die der gleichen rechts stehenden Zahl der Kolonne II entsprechen, zusammen, fügt die durch Vertauschung von f und m hervorgehenden hinzu und addiert sodann. Am einfachsten wird w_4 gefunden, denn das Merkmal 4 kommt rechts nur einmal (in der unteren Hälfte der vierten Kolonne)

vor, und zwar steht dabei links der Ausdruck $f^4 m^4$. Man hat demnach

$$w_4 = f^4 m^4 + m^4 f^4 = 2 f^4 m^4.$$

Das Merkmal 3 steht rechts schon zehnmal, w_3 ist also schon bedeutend schwieriger zu rechnen, nämlich als Summe der 10 Wahrscheinlichkeiten jener 10 Zeilen, die rechts mit 3 bezeichnet sind. Grundsätzlich möglich ist in dieser Art natürlich die Ermittlung jeder der Zahlen w_0 bis w_4 . Da wir aber später zur Bewältigung des Falles sehr großer N ohnehin andere Wege einschlagen müssen, wollen wir uns hier nicht zu lange aufhalten. Nur die folgende, sehr einfache Aufgabe sei kurz besprochen.

Nimmt man an, daß die Ausgangs-Wahrscheinlichkeiten f und m beide gleich 0,5 seien, was ja ohnehin mit einiger Annäherung in dem in Rede stehenden Falle des Geschlechtsverhältnisses der Geburten zutrifft, so wird jede der $2^8 = 256$ Wahrscheinlichkeiten von K_0 gleich 1 : 2^8 . Um jetzt beispielsweise w_0 zu erhalten, braucht man nur die Anzahl der rechts in Spalte II von Fig. 2 stehenden Nullen festzustellen, sie zu verdoppeln und dann durch 2^8 zu dividieren, und ebenso wird w_1 durch Abzählung der rechts stehenden-Einsen, w_2 durch Abzählung der Zweier gefunden usw. Wir stellen die Ergebnisse für die beiden Fälle $n=1$ (wobei nur die Spalte I der Figur zu benutzen ist) und $n=2$, also die Wahrscheinlichkeiten reiner Gruppen zu 1 bzw. 2 in einer Serie zu $N=8$, hier zusammen:

Für $n=1$:	$2^7 w_0 = 13$	für $n=2$:	$2^7 w_0 = 37$
	$2^7 w_1 = 26$		$2^7 w_1 = 50$
	$2^7 w_2 = 31$		$2^7 w_2 = 30$
	$2^7 w_3 = 24$		$2^7 w_3 = 10$
	$2^7 w_4 = 20$		$2^7 w_4 = 1$
	$2^7 w_5 = 6$		
	$2^7 w_6 = 7$		
	$2^7 w_7 = 0$		
	$2^7 w_8 = 1$		

Die in dieser Tabelle angegebenen Zahlen sind in den Fig. 3 und 4 als Ordinaten zu den Abszissen 0 bis 8 bzw. 0 bis 4 aufgetragen. Die beiden Figuren stellen also die gesuchten Verteilungen für die Fälle $N=8$, $n=1$ und $N=8$, $n=2$ bei der Annahme $f=m=0,5$ dar. Wir kommen auf diese Ergebnisse noch zurück.

6. Mittelwert und Streuung der gesuchten Verteilung. Die Berechnung der einzelnen Wahrscheinlichkeiten w_0, w_1, w_2, \dots wird, wie wir oben gesehen haben, wenn nicht gerade $f=m=0,5$ angenommen wird, schon bei verhältnismäßig kleinem N so umständlich, daß an die Durchführung dieser Rechnung bei einem mehrere Tausende betragenden N nicht mehr zu denken ist. Es gelingt aber auf anderem Wege, sich einen Einblick in die gesuchte Verteilung zu verschaffen, indem man zunächst ihren sogenannten *Mittelwert* bestimmt und dann durch Abschätzung der sogenannten *Streuung* unter Heranziehung eines Analogieschlusses den Vergleich mit einer bekannten anderen Verteilung ermöglicht.

Was man unter Mittelwert einer Verteilung versteht, erklären wir am besten an Hand der Fig. 4. Denken wir uns die hier stark ausgezogenen 5 Ordinatenstücke bei den Abszissen 0, 1, 2, 3, 4 als gleichmäßig dicke Stäbe ausgeführt und den *Schwerpunkt* dieser Stäbeanordnung ermittelt, so hat dieser eine gewisse, zwischen 0 und 4 liegende Abszisse a , die wir eben als den Mittelwert der Verteilung bezeichnen. Nach bekannten Regeln der Statik wird allgemein

$$\begin{aligned} 0 w_0 + 1 w_1 + 2 w_2 + 3 w_3 + \dots \\ = w_0 + w_1 + w_2 + w_3 + \dots \\ = w_1 + 2 w_2 + 3 w_3 + \dots, \end{aligned}$$

denn die Summe sämtlicher w_i , die im Nenner steht, muß ja immer gleich 1 sein. Was der Mittelwert wahrscheinlichkeitstheoretisch bedeutet, ist auch leicht zu sehen. Hat man eine gewisse Anzahl n' von Elementen, also in unserem Fall n' Serien zu N Eintragungen, beobachtet, so befinden sich darunter n_0 Elemente ohne reine Gruppen zu n , n_1 Elemente mit einer, n_2 mit zwei, \dots , n_r Elemente mit je r solcher Gruppen. Die Gesamtzahl der beobachteten reinen Gruppen ist daher $n_1 + 2 n_2 + 3 n_3 + \dots + r n_r$ und die *durchschnittliche* Anzahl oder das arithmetische Mittel beträgt:

$$\begin{aligned} \frac{n_1 + 2 n_2 + 3 n_3 + \dots + r n_r}{n'} \\ = \frac{n_1}{n'} + 2 \frac{n_2}{n'} + 3 \frac{n_3}{n'} + \dots + r \frac{n_r}{n'} \end{aligned}$$

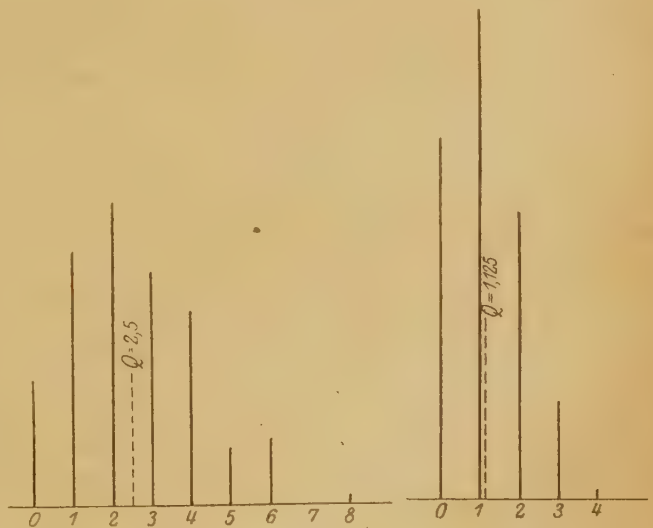


Fig. 3.

Fig. 4.

Läßt man n' größer und größer werden, so nähert sich jeder der Quotienten rechts einem festen Grenzwert, und zwar der erste dem Wert w_1 , der zweite dem Wert w_2 usw., demnach der ganze Ausdruck rechts dem Wert $w_1 + 2 w_2 + 3 w_3 + \dots + r w_r = a$. Es stellt also a den Grenzwert dar, den das *arithmetische Mittel der Merkmale* (der Anzahl reiner Gruppen) bei unbeschränkt wachsender Zahl von Beobachtungen annimmt.

Man kann nun durch eine überaus einfache Formel den Mittelwert a der von uns gesuchten

Verteilung für beliebige N und n darstellen. Es liegt ja sehr nahe, die 256 verschiedenen Merkmale des Kollektivs K_0 , deren Zusammenstellung in Fig. 2 zur Berechnung der w_0, w_1, w_2, \dots dienen sollte, einmal in anderer Weise anzuordnen. Die hier folgende Fig. 5 zeigt — in derselben Darstellungsweise wie Fig. 2 — zuerst die 32 Merkmale (nämlich Gruppen von 8 Nullen bzw. Einsern), die mit den 3 Ziffern 0, 0, 1 beginnen, während an den darauffolgenden 5 Stellen alle $2^5 = 32$ Kombinationen von Nullen und Einsern sich der Reihe nach ablösen. Hierauf folgen 16 Zeilen, deren jede an den Stellen 1 bis 4 mit 1, 0, 0, 1 besetzt ist, während an den

so erhält man noch eine zweite Tafel von gleichem Umfang.

Die Zusammenstellung der Merkmale in Fig. 2 unterscheidet sich sehr wesentlich von der jetzt betrachteten Fig. 5. Während nämlich in Fig. 2 jedes mögliche Merkmal *genau einmal* aufgeführt wurde, *fehlen* jetzt die Merkmale, die keine reine Gruppe zu zwei enthalten, dagegen sind die, die zwei solcher Gruppen besitzen, *zweimal*, die mit drei Gruppen *dreimal* usw. aufgeführt. In Abschnitt 5 ist gezeigt worden, daß man die Wahrscheinlichkeiten w_0 bzw. w_1, w_2, \dots erhält, indem man die links den einzelnen Zeilen in Fig. 2 beige-schriebenen Wahrscheinlichkeiten addiert.

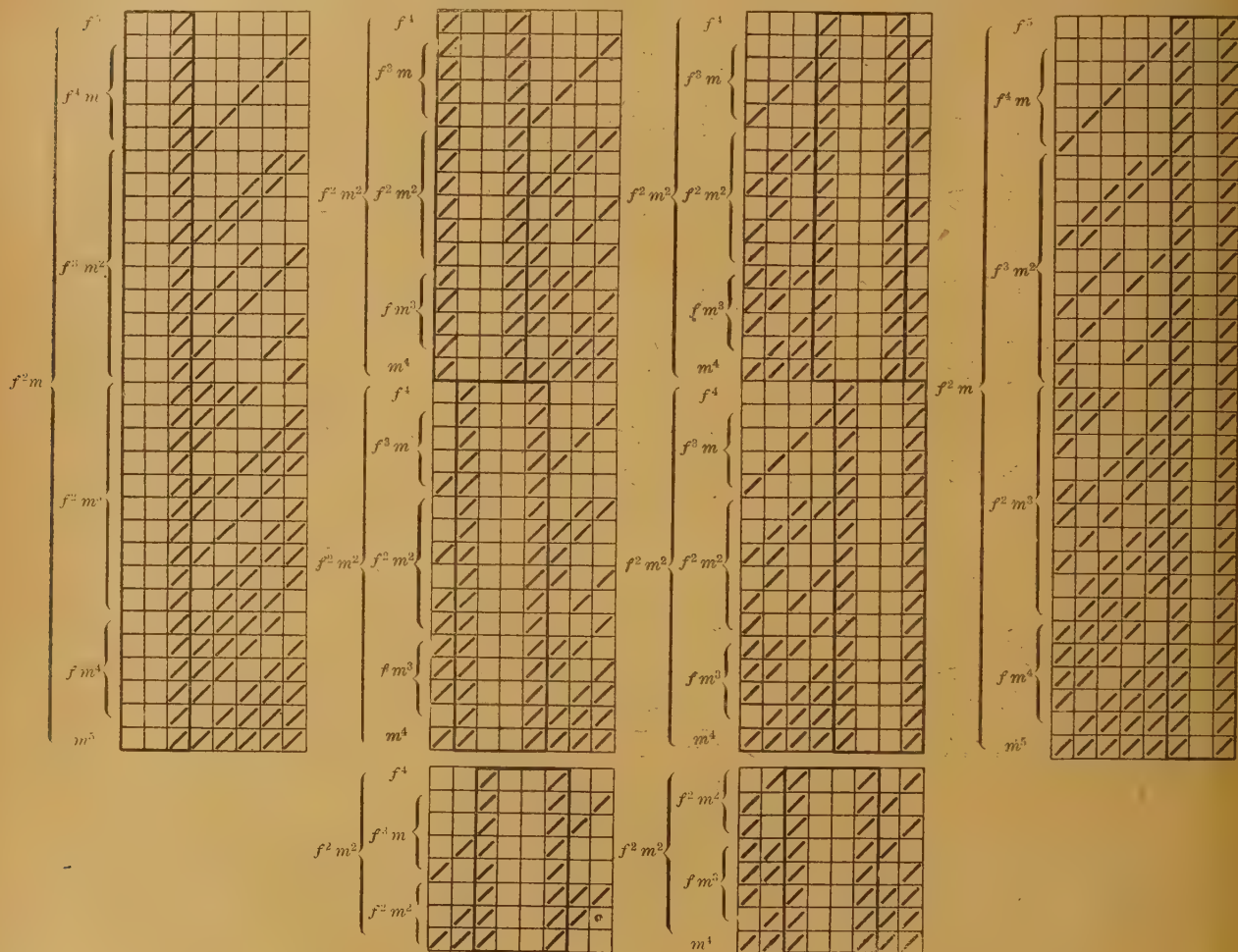


Fig. 5.

letzten vier Stellen die Nullen und Einsen sämtliche $2^4 = 16$ Kombinationen durchlaufen. Die nächsten 16 Zeilen zeigen, durch stärkere Umrahmung hervorgehoben, an den Stellen 2 bis 5 die Ziffern 1, 0, 0, 1, während an den Stellen 1, 6, 7, 8 die Ziffern abwechseln usf. Das Prinzip ist also dies, daß immer alle jene Merkmale zusammengefaßt werden, die eine reine Gruppe von zwei Nullen in bestimmter Lage aufweisen und daß der Reihe nach alle möglichen Lagen für diese eine Iteration angenommen werden. Vertauscht man in allen Zeilen Nullen und Einsen,

und zwar erst die der Zeilen ohne reine Gruppen zu zwei, dann die mit einer, mit zwei, drei . . . solcher Gruppen (immer unter Hinzufügung der in der Figur unterdrückten durch Vertauschung entstehenden zweiten Hälfte). Wenn wir daher jetzt in Fig. 5 sämtliche links angeschriebenen Wahrscheinlichkeiten, unter Hinzunahme der durch Vertauschung zu bildenden, addieren, so haben wir damit die Summanden, die zu w_0 führen, *keinmal*, die Summanden von w_1 *einmal*, die von w_2 *zweimal* usf. genommen, die Gesamtsumme ist also einfach $w_1 + 2w_2 + 3w_3 + \dots = a$. Damit

wäre noch nicht sehr viel gewonnen, wenn nicht diese Gesamtsumme aus 2×144 Summanden gerade zufolge der gewählten Anordnung sehr leicht zu bilden wäre.

Nehmen wir z. B. die 16 Zeilen, die mit den Ziffern 1, 0, 0, 1 beginnen! Bei den links angeschriebenen Wahrscheinlichkeitsausdrücken ist der gemeinsame Faktor $f^2 m^2$, der den ersten vier Ziffern entspricht und daher jedesmal vorkommt, herausgehoben und vorangestellt. Bilden wir die Summe unter Beibehaltung dieser Voranstellung, so erhalten wir, wie man sieht, $f^2 m^2 (f^4 + 4 f^3 m + 6 f^2 m^2 + 4 f m^3 + m^4)$. Der Klammerausdruck ist nichts anderes, als die vierte Potenz von $f + m$, hat also, da $f + m = 1$ sein muß, den Wert 1. Man erkennt, daß ganz allgemein eine solche Summe der Produkte von Faktoren f und m in allen Kombinationen zu einer festen Zahl, stets eine Potenz von $f + m$ darstellen, also den Wert 1 haben muß. Mithin gehen die betrachteten 16 Zeilen einfach die Summe $f^2 m^2$, und genau dasselbe gilt von den weiteren 4 Gruppen zu je 16 Zeilen in Fig. 5, während sich die Summe für die erste und letzte Gruppe von je 32 Zeilen zu $f^2 m (f + m)^5 = f^2 m$ findet. Wir haben mithin unter Hinzufügung der Vertauschungen:

$$a = 5(f^2 m^2 + m^2 f^2) + 2(f^2 m + m^2 f) = 10f^2 m^2 + 2fm.$$

Dies ist die Formel für den Spezialfall $N = 8$, $n = 2$, die allgemeine läßt sich aber auch sofort angeben. Denn es gibt stets 2 „äußere“ Lagen für eine reine Gruppe zu n (nämlich zu Anfang und zu Ende) und $N - n - 1$ „innere“ Lagen (nämlich so, daß die Gruppe an der zweiten, dritten, . . . , an der $N - n$ -ten Stelle beginnt). Nun ist der gemeinsame Faktor der Wahrscheinlichkeiten bei einer außenstehenden Gruppe $f^n m$ bzw. $m^n f$, bei einer innenliegenden $f^n m^2$ bzw. $m^n f^2$. Demnach ist allgemein:

$$a = (N - n - 1)(f^n m^2 + m^n f^2) + 2(f^n m + m^n f)$$

Wendet man diese Formel auf den Fall $f = m = 0,5$ an, so erhält man für $N = 8$, $n = 1$ den Wert $a = 2,5$ und für $N = 8$, $n = 2$ den Wert $a = 1,125$. Durch direkte Ausrechnung der Schwerpunktsabszissen in Fig. 3 und 4 kann man diese Werte wiederfinden. Die Schwerpunktslagen sind in den beiden Figuren durch gestrichelte Linien gekennzeichnet.

Wenn, wie im Marbeschen Fall, N überaus groß gegenüber n , f und m nicht viel von 0,5 verschieden sind, so kann man in der Formel näherungsweise alle Teile fortlassen, außer denen mit dem Faktor N . Es bleibt dann

$$a = N(f^n m^2 + m^n f^2).$$

Für $N = 49152$, $n = 10$, $f = m = 0,5$ gibt die genaue Formel den Wert $a = 23,987$, die approximative $a = 24$; der Unterschied ist praktisch belanglos.

Neben dem Mittelwert der Verteilung wollen wir, wie schon gesagt, um einen Einblick in ihren Verlauf zu bekommen, auch die sogenannte *Streuung* bestimmen. Man versteht unter Streuung s^2 den Betrag

$s^2 = (0-a)^2 w_0 + (1-a)^2 w_1 + (2-a)^2 w_2 + \dots + (v-a)^2 w_v$, wobei a den Mittelwert bezeichnet. Denkt man sich die Ordinaten in der Fig. 3 oder 4 wieder als „Stäbe“ gleichmäßiger Stärke von der Gesamtmasse 1, so ist s^2 nichts anderes als das sogenannte *Trägheitsmoment* oder das Quadrat des Trägheitsradius, bezogen auf die Schwerpunktsachse. Je enger die Teile der Masse 1 um den Schwerpunkt herum angeordnet sind, um so kleiner ist s^2 . Die Streuung kann nur dann null werden, wenn die gesamte Wahrscheinlichkeit sich auf den Abszissenwert a konzentriert.

Um die Streuung s^2 zu finden, gehen wir ganz ähnlich vor wie bei der Ermittlung von a , indem wir wieder eine neue Anordnung der Merkmale von K_0 konstruieren. Betrachten wir einmal für den Augenblick den Fall $N = 12$, $n = 2$! Eines der 2^{12} Merkmale von K_0 wird dann z. B. durch folgende Gruppe von 12 Ziffern dargestellt,

$$1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0,$$

in der wir zwei darin enthaltene reine Gruppen zu 2 Nullen mit den begrenzenden Einsern durch Unterstreichen hervorgehoben haben. Denken wir uns jetzt sämtliche Merkmale, bei denen die unterstrichenen Ziffern fest bleiben, angeschrieben, so hebt sich aus den zugehörigen Wahrscheinlichkeiten der gemeinsame Faktor $(f^n m^2)^2$ heraus (weil jede der unterstrichenen Gruppen aus n Nullen und 2 Einsern besteht), und wenn man die Wahrscheinlichkeiten addiert, erscheint in der Klammer, als zweiter Faktor zu dem vorgenannten, wieder wie oben eine Summe von Produkten, die eine Potenz von $f + m$, also 1, ergibt. Berücksichtigt man noch die Vertauschbarkeit zwischen Nullen und Einsern, so erhält man in $(f^n m^2 + m^n f^2)^2$ die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller jener Merkmale, die ein Paar (innerer, getrennt liegender) reiner Gruppen zu n in bestimmter Lage aufweisen. Die Anzahl der möglichen Lagen ist bei großem N nur unwesentlich kleiner als $\frac{1}{2}N^2$ (genau gleich $\frac{1}{2}[N-2n-3][N-2n-2]$).

Auch die Möglichkeit von reinen Gruppen an den Rändern, dann von solchen Paaren, deren Gruppen unmittelbar, oder durch nur eine Stelle getrennt, aneinander schließen, macht bei großem N gegenüber dem überwiegenden Einfluß der Größe von N^2 nicht mehr viel aus. Man kann daher hinreichend genau den Ausdruck

$$\frac{1}{2}N^2 (f^n m^2 + m^n f^2)^2$$

als die Summe der Wahrscheinlichkeiten der in der neuen Anordnung zusammengestellten Merkmale ansehen.

Was haben wir nun hier addiert? Offenbar sind in der neuen Zusammenstellung die Merkmale, die keine oder nur eine reine Gruppe zu n enthalten, überhaupt nicht mehr da, die mit zwei reinen Gruppen einmal, die mit 3 Gruppen aber dreimal, nämlich je einmal vermöge jedes der 3 Paare $a-b$, $a-c$, $b-c$, allgemein die Merkmale mit x Gruppen gerade $\frac{1}{2}x(x-1)$ -mal. Wir

haben somit, wenn wir den Faktor $\frac{1}{2}$ gleich beiderseits weglassen:

$$1 \cdot 0 w_1 + 2 \cdot 1 w_2 + 3 \cdot 2 w_3 + 4 \cdot 3 w_4 + \dots + v(v-1) w_v = N^2 (f^n m^2 + m^n f^2)^2.$$

Die linke Seite steht in einem einfachen Zusammenhang mit dem Wert der Streuung. Denn man findet durch ganz einfache Rechnung:

$$x(x-1) = x^2 - x = (x-a)^2 + (2a-1)x - a^2.$$

Danach kann man jedes Glied der linken Seite in obiger Gleichung in drei Bestandteile zerlegen, z. B. das Glied mit w_3 in

$$3 \cdot 2 w_3 = (3-a)^2 w_3 + (2a-1) 3 w_3 - a^2 w_3.$$

Addiert man die ersten Bestandteile für sich, so geben sie gerade s^2 (zufolge der oben dargelegten Definition der Streuung); die zweiten Bestandteile enthalten den konstanten Faktor $2a-1$ und liefern im übrigen den Wert

$$w_1 + 2 w_2 + 3 w_3 + \dots = a;$$

die letzten Bestandteile geben einfach

$$a^2 (w_1 + w_2 + w_3 + \dots) = a^2.$$

Somit hat die linke Seite der in Rede stehenden Gleichung den Wert:

$$s^2 + (2a-1)a - a^2 = s^2 + a^2 - a,$$

und da die rechte Seite nichts anderes als a_2 ist (s. die früher abgeleitete Näherungsformel für a), so erhält man endgültig:

$$s^2 = a.$$

d. h.: *Näherungsweise für große N ist die Streuung unserer Verteilung dem Betrage nach gleich ihrem Mittelwert.* Wir werden von diesem Ergebnis zum Zwecke der Beurteilung der Marbeschen Behauptungen weiter unten Gebrauch machen.

(Schluß folgt.)

Besprechungen.

Henrich, Ferdinand, Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe. Berlin, Julius Springer, 1918. VIII, 351 S., 57 Fig. und 1 Übersicht. Preis geh. M. 15,—, geb. M. 17,60.

Wer den Autor aus der Zeitschrift für angewandte Chemie als gewissenhaften Referenten über Radioaktivität kennt, wird bei Durchsicht des vorliegenden Werkes nicht überrascht sein, daß er auch hier, wo er sich die Aufgabe gestellt hat, einen Überblick über das ganze Gebiet zu geben, von den beiden möglichen Darstellungsweisen, der kritischen und der referierenden, durchweg die letztere vorgezogen hat. Die Vor- und Nachteile beider Behandlungsarten treten bei einem in so rascher Entwicklung begriffenen Gebiet, wie es die Radiochemie heute noch ist, besonders scharf zutage: eine kritische Sichtung des Materials birgt wohl die Gefahr, daß der Autor mit seiner Ansicht nicht das Richtige trifft, sein Buch daher eher hemmend als fördernd wirkt und bald jeden Wert einbüßt; sie eröffnet aber auch die Möglichkeit, dem Leser viel mehr zu bieten, als eine Zusammenfassung des schon Vorhandenen, Spreu vom Weizen zu sondern, verborgen gebliebene Zusammenhänge aufzudecken, die wahrscheinlichen Richtlinien der Forschung hervortreten zu lassen und so am Fortschritt der Wissenschaft selber mitzuarbeiten. Wenn man sich auf eine Zusammenstellung der Literatur beschränkt, ist dies von vornherein ausgeschlossen, dafür muß das entstehende Werk

bei sorgfältiger Ausführung unter allen Umständen einen gewissen Wert dauernd behalten.

Es dürfte nicht häufig vorkommen, daß in einer verhältnismäßig engen Spezialwissenschaft kurz nacheinander zwei Bücher erscheinen, die die beiden eben charakterisierten Standpunkte in solcher Reinheit zur Geltung bringen, wie einerseits die „Chemie der Radioelemente“ von *Frederick Soddy*, andererseits das vorliegende Buch von *Ferdinand Henrich*. Näher zu begründen, warum wir das Soddysche Buch zu der ersten Gruppe zählen, kann hier nicht unsere Aufgabe sein; daß aber die Arbeit von *Henrich* im engsten Anschluß an die Zeitschriftenliteratur entstanden ist, mit den daraus folgenden Vorzügen und fast unvermeidlichen Mängeln, wollen wir durch ein paar Beispiele näher erläutern.

Vor allem fällt in dem Abschnitt, der der Technologie der Radioelemente gewidmet ist, auf, daß der Autor viele Seiten der genauen Wiedergabe von Tabellen widmet, die nichts anderes enthalten, als die Zahlenangaben einmal und unter ganz speziellen Bedingungen ausgeführter Laboratoriumsversuche. Selbst wenn man die Bedenken, die wohl die Mehrzahl der Fachgenossen gegen die Verwendbarkeit mancher der beschriebenen Verfahren hegt, nicht teilt oder nicht äußern will, selbst dann würde es genügen, die Methodik und die im Laboratorium erhaltenen Resultate zu bringen; eine Reproduktion der ganzen Versuchsprotokolle wäre wohl besser unterblieben, denn die wirklich im Großbetrieb ausprobierten und heute im Gebrauch stehenden Verfahren treten im Vergleich dazu allzusehr zurück.

Verschiedenen Gefahren, die das fast unveränderte Übernehmen von Stellen der Originalabhandlungen mit sich bringt, ist der Autor nicht entgangen. So sind, wie er selbst bemerkt, bis zum Jahr 1911 als Thorium A und Aktinium A jene Substanzen bezeichnet worden, die jetzt die Namen Thorium B resp. Aktinium B führen; ältere Literaturangaben über die A-Produkte dürfen daher heute nicht mehr bei diesen gebracht werden, sondern beziehen sich auf die jetzt als B-Produkte bezeichneten Stoffe. Es ist anzunehmen, daß ein aufmerksamer Leser die Versehen, die sich hierin bei Thorium A und Aktinium A finden, selber bemerken wird, denn es ist ja ein leicht zu erkennender Widerspruch, wenn bei Substanzen, bei denen richtig als Halbwertszeit 0,145 resp. 0,002 Sekunden angegeben wird, Verfahren zur elektrolytischen Abscheidung, zum Füllen und Wiederauflösen usw. empfohlen werden. Auch im übrigen herrscht in dem Buch betreffs der Bezeichnungen und namentlich der Symbole ebenso wenig Übereinstimmung, wie in den von verschiedenen Autoren stammenden Originalarbeiten, obwohl dem Autor eine Stellungnahme durch die inzwischen unter den Radiologen erfolgte Einigung erleichtert worden wäre; er erwähnt diese Vereinbarung, ohne aber für sein Werk daraus den entsprechenden Nutzen zu ziehen. Wenn sich der Autor an den sich daraus ergebenden Unstimmigkeiten nicht gestoßen hat, so hätte sich umgekehrt manches, was ihm als Widerspruch erscheint, gelöst, wenn er zunächst die verschiedenen Angaben auf gleiche Verhältnisse bezogen hätte. So z. B. nennt er beim Radium als Reichweite 3,13 cm und bemerkt dazu: „bis vor kurzem nahm man 3,3 cm an“ (S. 216); letzterer Wert gilt auch heute noch für die Temperatur von 15° C. 3,13 cm dagegen für 0°. Es wäre überhaupt zu wünschen, daß bei den Reichweiten immer auch die Temperaturen, bei denen sie gemessen sind, angegeben wären.

Von den nicht seltenen kleinen Versehen seien für unerfahrene Leser noch folgende angemerkt:

Die Elektrizitätsmenge eines Grammäquivalents kann man wohl als elektrochemische Einheit der elektrischen Ladung bezeichnen, nicht aber als Einheit der elektrischen Ladung schlechthin, wie es S. 145 geschieht: die Verwechslung mit dem elektrischen Elementarquantum liegt sonst allzu nahe und tatsächlich ist ihr auch der Verfasser selbst unterlegen, wenn er (S. 10) angibt, daß ein Elektron „die Einheit der elektrischen Ladung, d. i. 96 470 Coulomb“ trägt. — Der einfache Schluß aus der Zahl der durch das Magnetfeld trennbaren β -Strahlen auf die zugrunde liegenden radioaktiven Substanzen (S. 12) ist nach unseren heutigen Vorstellungen nicht zulässig. — Die Zerfallskonstante hat nicht die Dimension eines Tages (S. 35), sondern den reziproken Wert. — S. 42 sind dem Mesothorium I irrtümlich α -Strahlen zugeschrieben. — Die Formulierung, daß die Luft ionisiert wird, wenn man eine radioaktive Substanz in ein Gefäß bringt und sie „eine Zeit darin läßt“ (S. 46), ebenso wie jene, daß die Ionisierung nach Entfernung der Substanz „allmählich“ wieder zurückgeht (S. 48), muß die unrichtige Vorstellung erwecken, als ob diese Vorgänge beobachtbare Zeiten dauern würden. — S. 142 verändert unglücklicherweise ein falsch sitzender Beistrich den Sinn des Satzes in sein Gegenteil; Radium E „wird von Carbonaten nicht, aber von überschüssiger Schwefelsäure gefällt“ ist unrichtig, der Beistrich gehört vor das „nicht“. — In der Tabelle des periodischen Systems auf Seite 151 fehlt die Radiumemanation und dafür ist das rein hypothetische Radium X, das sonst in dem ganzen Buch nicht erwähnt ist, aufgenommen. — Bei der Besprechung der Destillationsversuche mit Polonium wird als wahrscheinliche Erklärung der großen Entfernung, bis zu der sich das Polonium fortbewegt, die Bildung flüchtiger Poloniumverbindungen angegeben (S. 237); es sei betont, daß diese Vermutung sich in den Originalarbeiten nicht findet und auch nicht zutreffend ist, da sich gasförmiger Poloniumwasserstoff, auf den von *Henrich* speziell hingewiesen wird, bei den hohen zur Destillation verwendeten Temperaturen nicht aus den Elementen bilden kann; der Effekt beruht auf einer einfachen Konvektion staubförmigen Poloniums. — Die zur Reinigung des Thoriums dienende Verbindung ist nicht das Acetonylacetat, wie es auf S. 258 zweimal heißt, sondern das Acetylacetat.

Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich: daß der Verlag vermocht hat, es trotz der schwierigen Zeitverhältnisse auf gutem Papier und in klarem, scharfem Druck herauszubringen, macht sich besonders bei den zahlreichen Tabellen und Figuren angenehm bemerkbar. Da es außerdem mäßigen Umfang und ein handliches Format besitzt, so ist wohl kein Zweifel, daß viele Institute und Einzelpersonen diese fleißige Zusammenstellung der in Zeitschriften zerstreuten Literatur über Radiochemie dankbar begrüßen werden.

Fritz Paneth, Wien.

Wiesent, J., Die neuesten Fortschritte in der Erkenntnis der Eigenschaften der Materie (Radioaktivität und Röntgenspektroskopie). Leichtfaßlich dargestellt. Stuttgart, F. Enke, 1918. 38 S., 6 Texttafeln und 8 Textabbildungen. Preis M. 2.—.

Die folgende Aufzählung der Kapitelüberschriften wird am besten zeigen, welche Probleme in dem vorliegenden Heft behandelt werden. 1. Grundbegriffe (Element, Atom, periodisches System). 2. Das periodi-

sche System vor Entdeckung der Radioaktivität. 3. Die radioaktiven Elemente. 4. Chemisch untrennbare Elemente (isotope Elemente). 5. Struktur der Atome. 6. Röntgenspektroskopie. 7. Heutige Gestalt des periodischen Systems.

Bis auf einige Kleinigkeiten ist die Darstellung dieser Fragen sachlich einwandfrei. Allerdings wäre es für eine „leichtfaßliche Darstellung“ wünschenswert, an vielen Stellen etwas eingehender den Gegenstand zu beleuchten. So wird die nicht näher erklärte Mitteilung, daß α -Teilchen „doppelt“ positiv geladene Heliumatome sind, nur solchen Lesern verständlich sein, denen die atomistische Struktur der Elektrizität bereits gut geläufig ist. Der Begriff der Halbwertszeit ließe sich anschaulicher erklären als durch die mathematische Diskussion der Exponentialformel. Es ist zu bedauern, daß der Verfasser es gescheut hat, etwas mehr Mühe auf die Lösung seiner gewiß sehr dankbaren Aufgabe zu verwenden. Wie weit sich der Verfasser die Sache erleichtert hat, ersieht man u. a. daraus, daß er mehr als $\frac{1}{10}$ seiner Schrift wörtlich aus einer zusammenfassenden Bearbeitung dieses Gebietes in einer Fachzeitschrift übernommen hat, übrigens ohne die Quelle zu nennen.

Für Leser, die mit modernen Fragen der Physik und Chemie bereits in Berührung gekommen sind, bietet jedoch die Broschüre eine gedrängte Zusammenstellung einiger der wichtigsten Resultate, die in den letzten Jahren auf den betreffenden Gebieten erzielt worden sind.

K. Fajans, München.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ueber bakterielle Variabilität. (Baerthlein, Zentralblatt f. Bakt., 1. Abtlg., 81, 1918.) Noch in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts konnte *Nägeli* die Ansicht vertreten, daß die verschiedensten Bakterientypen eine einzige Art darstellten, die je nachdem in Gestalt von Kokken, Vibrionen und Spirillen, bald in einzelnen Individuen oder Fäden, bald schwärmend oder ruhend auftritt und unter Umständen die verschiedensten Stoffwechselvorgänge und Krankheitsbilder erzeugen kann. Es waren dann die glänzenden Untersuchungen *Kochs*, welche dartaten, daß wir bei den Bakterien ebenso scharf umrissene Arten aufstellen können, wie bei den höheren Pflanzen. Allerdings ist hier wie dort, das *Artbild keineswegs unabänderlich* starr, sondern weist je nach der Plastizität der Spezies mehr oder minder große Schwankungen auf. Gerade bei den Bakterien tritt die Variabilität oft in sehr augenfälliger Weise zutage, und es ist hierüber eine gewaltige Literatur in den letzten Jahren entstanden. Zahlreiche neue Daten liefert *Baerthlein* in einer Arbeit, die sich hauptsächlich auf menschenpathogene Formen, Eiter-, Cholera-, Typhus-, Paratyphus-, Ruhr-, Diphtherie- und andere Bazillen erstreckt. Es werden eine ganze Menge von Varianten festgestellt, die sich auf Kolonieförmigkeit, Zellgröße, Farbe, Fadenbildung, Beweglichkeit, Stoffwechselprodukte und andere Charaktere erstrecken. Wichtig ist, daß sich alle diese Veränderungen schon innerhalb des menschlichen Organismus, also unter normalen Lebensbedingungen nachweisen ließen. Manche Formen bewahrten die neuen Merkmale dauernd, aber von diesen bis zu jenen, welche sofort wieder zurückschlagen, gibt es alle denkbaren Übergänge. Die serologische Untersuchung ergab, daß in

manchen extremen Fällen die Agglutinierbarkeit völlig verloren ging. Medizinisch bedeutungsvoll ist, daß es gelang, nichtpathogene Formen in virulente umzuwandeln, und daß in einem Falle sogar ein Paratyphusbazillus in einen echten Typhusbazillus überging. Damit sind also die Artgrenzen übersprungen. Diese Tatsache ist natürlich vom phylogenetischen Standpunkt aus höchst bemerkenswert. Überhaupt zeigt die Vielgestaltigkeit vieler „Arten“ (*Bac. coli*, *paratyphi*, *dysenteriae*) und der schrittweise Übergang von sehr labilen Varianten zu mehr oder minder ausgeprägten Dauermodifikationen, daß hier alles noch im Fluß ist.

Reizleitung. Es ist in den letzten Jahren von verschiedener Seite die Frage erörtert worden, ob beim pflanzlichen Organismus der Lichtreiz über eine Schnittfläche geleitet werden kann, ob also beispielsweise ein Keimling, dessen Spitze einseitig beleuchtet wird, in seiner basalen Region eine phototropische Krümmung ausführt, auch wenn zwischen dem Ort der Reizaufnahme (Perzeptionszone) und der Reaktionszone der lebendige Zusammenhang der Zellen durch einen Einschnitt gelöst wird. Da trotz einiger bestätigender Angaben ein vollständig zwingender Beweis nach dieser Richtung noch nicht erbracht war, so hat A. Paal (*Jahrb. f. wiss. Bot.* 58, 1918) diese Verhältnisse in einer sehr interessanten Arbeit behandelt. Als Versuchsobjekt dienten Keimlinge von Hafer (*Avena sativa*). Die Methode war folgende: Die Spitze der Keimlinge wurde durch einen glatten Schnitt entfernt und dann wieder genau in derselben Orientierung mit Gelatine aufgeklebt. Hierauf wurden die Versuchspflanzen einseitig belichtet, und zwar in der Weise, daß nur die Spitzenregion Licht empfing, während die Basis verdunkelt war. Es ergab sich nun, daß die in der Spitze einsetzende Krümmung ungestört über die Wundfläche weiterwanderte, so daß bei 78 von 89 Individuen, d. h. bei 88 %, eine totale Krümmung eintrat. Daß nicht alle Keimlinge in dieser Weise reagierten und daß das Ausmaß der Krümmung einigermaßen hinter dem unverletzten Vergleichsexemplare zurückblieb, ist bei dem gewaltsamen Eingriff keineswegs verwunderlich. Immerhin könnte man bei dieser Versuchsmethode einwenden, daß trotz der völligen Durchschneidung nachträglich eine Verschmelzung der lebendigen Plasmamassen zwischen Spitze und Stumpf eingetreten sei. Um diesem Einwurf zu begegnen, veränderte Paal seine Methode folgendermaßen: Die Schnittflächen wurden nicht unmittelbar aufeinandergefügt, sondern es wurde ein etwa 0,05–0,10 mm dickes Plättchen aus spanischem Rohr dazwischengeschaltet, das mit Gelatine infiltriert war. Nunmehr war also der Reiz genötigt, über die tote Gelatinezone zu wandern und trotzdem wurde am Reaktionsbild gar nichts geändert. Dagegen blieb ein Erfolg aus, wenn zwischen Spitze und Basis ein Platinplättchen eingeschaltet wurde, das eine Diffusion unmöglich machte. Aus diesen Versuchen kann mit Recht gefolgert werden, daß der Reiz auch über tote Strecken geleitet werden kann und daß bei der Transmission Diffusionsvorgänge in irgendwelcher Weise beteiligt sein müssen. Die einfachste Annahme wäre die, daß durch den einseitig wirkenden Reiz bestimmte Stoffe gebildet werden, die nun auf der Reizflanke abwärts wandern. Damit gelangen wir aber auf noch ungeklärten theoretischen Boden. Einige Gesichtspunkte nach dieser Richtung, die auch durch Experimente gestützt sind, gibt Paal im Schlußteil seiner Arbeit.

P. Stark.

Graphische Registrierung mit Hilfe eines Gasstrahles. Die Reibung der Spitze des Schreibstiftes an dem Schreibpapier in Registrierinstrumenten kann die Genauigkeit der Registrierung beeinträchtigen. Um diese Fehlerquelle zu beseitigen, schlägt Lumière (*Comptes Rendus*, Band 67, S. 1068) vor, den Schreibstift durch eine feine Kapillare zu ersetzen, die dicht vor dem Papier endet, und durch die Kapillare einen Gasstrom zu schicken, der auf das chemisch entsprechend präparierte Papier einwirkt und so die registrierende Kurve aufzeichnet. Sehr zweckmäßig fand Lumière die Einwirkung von Ammoniak auf ein Quecksilbersalz, im besonderen essigsaures Quecksilberoxydul. Zur entsprechenden Herrichtung imprägniert er das Papier mit einer 10-prozentigen Quecksilbernitratlösung, die, um völlig klar zu sein, schwach angesäuert sein muß. Nachdem das Papier getrocknet ist, imprägniert er es mit einer 10-prozentigen Lösung von essigsaurem Natron. Das so vorbereitete und getrocknete Papier befeuchtet man unmittelbar vor seinem Durchgang unter dem schreibenden Gasstrahl, was sehr leicht zu bewerkstelligen ist. Als Kapillare schlägt Lumière ein Aluminiumröhrchen vor oder einen Halm vegetabilischen Ursprungs (Stroh oder dergleichen), der mit Firnis oder mit Kollodium überzogen ist und in eine feine Spitze ausläuft. Das Röhrchen wird mit einem möglichst feinen Gummischlauch an den Gasbehälter angeschlossen. Da der erforderliche Druck überaus gering ist (einige Millimeter Wassersäule), ist die dynamische Reaktion des aus dem Röhrchen tretenden Gasstrahles ohne Einfluß auf die Registrierung. Im besonderen beschreibt Lumière die Anwendung des Verfahrens auf ein registrierendes Drehspulgalvanometer, bei dem die Kapillare die Nadel ersetzt und das zuleitende Kautschukröhrchen den unteren Aufhängungsdraht. Da die Trägheit des Systems außerordentlich klein ist, ist die Methode vielleicht zur Aufnahme der Telegramme der Kabeltelegraphie verwendbar.

Neue Theorie des Magnetismus. Die *Nature* vom 16. 1. 1919 berichtet (nach den Science Reports of the University of Sendai) über eine neue Theorie des Magnetismus der Japaner Honda und Okubo, die angeblich mit den beobachteten Erscheinungen des Paramagnetismus und Diamagnetismus besser übereinstimmt als jede ältere. Nach dieser Theorie rotieren die Molekularmagnete um Achsen, die im allgemeinen nicht mit ihren magnetischen Achsen zusammenfallen. Die Komponente des magnetischen Momentes einer Molekel längs der Rotationsachse nennen die Verfasser die achsiale Komponente und die dazu rechtwinklige die transversale. Wirkt ein magnetisches Feld auf die Molekel, so treten Präzession und Nutation ein unter dem Einfluß der achsialen Komponente des magnetischen Momentes. Die Nutation wird durch thermische Zusammenstöße zwischen den Molekeln gedämpft, aber die Präzession geht weiter unter einem Winkel, der die Zunahme des magnetischen Momentes in der Richtung des Feldes in sich schließt, und die Wirkung ist paramagnetisch. Die transversale Komponente des Momentes macht die Rotation der Molekel schneller, wenn die Komponente dieselbe Richtung wie das Feld hat, und langsamer, wenn sie entgegengesetzte Richtung hat. Das Zeitmittel der Wirkung ist daher der Richtung des Feldes entgegengesetzt, d. h. sie ist diamagnetisch. Das Überwiegen des einen Effektes über den andern bestimmt den para- oder diamagnetischen Charakter des Materiales.

Bruchstücke von Diamanten. In einem Aufsatz über die Diamanten der Kimberley-Mine bespricht (nach einer Mitteilung im Scient. Amer.) Sutton den Ursprung der zahlreichen in jener Gegend vorkommenden Bruchstücke von Diamanten. Nach einer landläufigen Hypothese rühren sie von Eruptionen her, die die Felsen zertrümmert haben, in denen sie vorkommen. Nach einer anderen weit verbreiteten Vorstellung brechen gewisse Klassen von Diamanten häufig spontan auseinander. Von maßgebender Seite stammt z. B. die Behauptung, daß hellbraune, rauhige Diamanten oft zerspringen, wenn sie der trockenen Luft ausgesetzt werden, aber in feuchter Umgebung ganz bleiben. Hiermit stimmt eine bekannte Erzählung von südafrikanischen Diamanten, die in Kartoffeln nach England geschickt worden sind, überein. Crookes scheint den Bruch auf die plötzliche Erniedrigung des Druckes in dem die Diamanten umgebenden Raum und darauf folgende Explosion zurückzuführen. Sutton sagt, er habe viele gefunden, die von dem Zerbrechen rauchiger Diamanten gehört hatten, aber niemand, der es mit eigenen Augen gesehen habe. Die Vorstellung vom Zerspringen der Diamanten ist übrigens sehr alt (Albertus Magnus, Plinius). Sutton glaubt, daß in der Mehrzahl der Fälle das Zerbrechen zurückgeht auf die Energie der mineralischen Einschlüsse, die sich in Diamanten häufig finden. Meistens sind das Granat, bisweilen Zirkon, Ilmenit, Eisenpyrit und möglicherweise Chrysolith. Die thermische Ausdehnung nahezu von allen Kristallen, ausgenommen die der Beryllgruppe, ist bei gewöhnlicher Temperatur viel größer als die des Diamanten. Wenn dasselbe unter plutonischen Hitze- und Temperaturbedingungen wahr ist, würden Unterschiede in der Schnelligkeit der Ausdehnung und der Zusammenziehung des Diamanten und seiner Einschlüsse das Auseinanderspringen wohl erklären.

In der Jagersfontein-Mine im Orange-Freistaat ist ein 388¼ Karat (d. h. 77,65 g) schwerer schön „blauweißer“ Diamant zutage gekommen. Der Stein ist viel kleiner als der *Exxelsior* von 191,04 g und der *Jubiläumstein* mit 130,16 g, die in derselben Mine im Jahre 1893 und 1895 gefunden wurden. Ein Stein ungefähr von 120 g kam dort 1883 oder 1884 zutage. Die Jagersfontein-Diamantmine produziert zwar viel weniger als die Kimberley-Mine, gibt aber einen höheren Prozentsatz an besonderen Qualitätssteinen. Zum Vergleich sei der „Cullinan“-Diamant mit 621,2 g angeführt, der 1905 nahe Pretoria (Transvaal) gefunden wurde. Dies ist zwar der größte einzelne Kristall, aber nicht die größte bekannte Diamantenmasse, ein Stück „Carbonado“ im Gewicht von 631,9 g wurde im Jahre 1895 in Bahia in Brasilien gefunden.

Tägliche Flugwetterberichte. Beim Ausbruch des Krieges mußte auch die *Times* ihre Wetterberichte abbrechen; seit dem 22. Januar hat sie sie wieder aufgenommen, und zwar zugleich mit der Einführung einer Neuveränderung: der Veröffentlichung eines besonderen Flugberichtes. Er faßt tabellarisch die Beobachtungen der oberen Luftschichten zusammen, wie sie die besondere Ausgabe des täglichen Wetterberichtes des meteorologischen Instituts auf Karten darstellt, und die der Zensor erst neuerdings freigegeben hat. Die *Times* ergänzen ihn durch einen Abschnitt „Flugaussichten für den Tag“. Der gewöhnliche Verkehrsflug wird bald zur Wirklichkeit werden, und Berichte wie diese werden dann

ein praktisches Interesse für einen sehr viel größeren Leserkreis als bloß für die Flieger selbst haben. Eventuelle Flugpassagiere werden den Bericht über die oberen Luftschichten sogar mit größerem Interesse lesen, als sie es bisher auf die voraussichtlichen Kanalüberquerungen verwendet haben, und zwar nicht bloß unter dem Gesichtspunkt der Bequemlichkeit oder Unbequemlichkeit während des Fluges, denn Geschwindigkeit und Richtung des Windes müssen notgedrungen die für die beabsichtigte Reise erforderliche Zeit beeinflussen, genau wie in den Tagen des Segelschiffverkehrs.

Der Weltbedarf an Pferdekraften. Voneinander unabhängige Schätzungen, die auf den überhaupt verfügbaren Angaben beruhen, zeigen, daß etwa 120 Millionen Pferdekraften in der ganzen Welt gegenwärtig in Betrieb sind. Von diesen entfallen auf Fabriken (einschl. elektrischer Beleuchtungszentralen und Straßenbahnen) 75 Millionen auf Eisenbahnen 21 „ auf Schiffsverkehr 24 „

Von den 75 Millionen für Fabriken, allgemeine industrielle und municipale Leistungen kommen einer rohen Abschätzung nach 29 Millionen auf die Vereinigten Staaten, 24 „ „ das kontinentale Europa, 13 „ „ Großbritannien und Irland, 6 „ „ die britischen Dominions u. Kolonien, 3 „ „ Asien und Südamerika.

Die Nichtbenutzung verfügbarer Wasserkraften bedeutet jetzt eine handgreifliche Verschwendung. Nach einer Ermittlung, die das kanadische Ministerium des Innern veranlaßt hat, kommen aber nur zwischen 15 und 16 Millionen der in der ganzen Welt für industrielle Zwecke aufgewendeten Pferdekraften auf Wasserkraft, und zwar entfallen von diesen

— auf das kontinentale Europa 6,5 Millionen „ die Vereinigten Staaten 7 „ „ die Kolonien 2 „ „ Großbritannien und Irland 0,08 „

Von den einzelnen Ländern zur Verfügung stehenden Wasserkraften verwendet nach derselben Aufstellung

Deutschland	43,4 %
Kanada	30,2 %
Schweiz	25,5 %
Vereinigte Staaten	24,9 %
Italien	24,4 %
Norwegen	20,4 %
Schweden	15,6 %
Frankreich	11,6 %
Österreich-Ungarn	8,8 %
Spanien	8,8 %
Großbritannien	8,3 %
Rußland	5,0 %

Der in der *Nature* veröffentlichte Bericht schließt mit den Worten: „Großbritannien steht in dieser Beziehung mit Ausnahme von Rußland hinter allen in dem Bericht genannten Ländern zurück und seine 8,3 % stechen sehr unvorteilhaft ab gegen die 43,4 % von Deutschland. Pro Quadratmeile wären in Großbritannien 10,9 Pferdestärken nutzbar zu machen, aber nur 0,91 Pferdestärke werden benützt. In Deutschland dagegen stehen 6,8 pro Quadratmeile zur Verfügung, und davon werden 2,96 benützt.“

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen).

Annalen der Physik;

Nr. 6, 1918.

Über Erregung elektromagnetischer Schwingungskreise durch Beladen mit magnetischer Energie; von Hermann Wiesinger. Die Methode, ein elektromagnetisches System dadurch zum Schwingen zu bringen, daß man einen in seiner Induktivität fließenden Strom unterbricht, wurde systematisch untersucht. Als Störungserscheinungen wurden an der Unterbrechungsstelle auftretende Funken erkannt und die Ursachen für das Entstehen derselben unter den verschiedensten Bedingungen verfolgt, auch Mittel angegeben, die Funken innerhalb gewisser Grenzen zu vermeiden. Zum Schluß wurde unter vereinfachenden Annahmen eine Theorie entwickelt, die die Beobachtungen richtig beschrieb.

Über das ultrarote Absorptionsspektrum des Wasserdampfes; von G. Hettner. Es wurde das Absorptionsspektrum des Wasserdampfes vom sichtbaren Gebiet bis zu $34\ \mu$ mit möglichst großer Dispersion aufgenommen. Hierzu wurden Absorptionsgefäße konstruiert, bei denen im Gegensatz zu früheren Versuchsanordnungen die Schichtdicke unveränderlich und genau bekannt ist. Es zeigten sich zahlreiche bisher unbekannte Absorptionsmaxima. Die Ergebnisse im langwelligen Gebiet sind bereits mitgeteilt und im Sinne der Bjerrumschen Theorie gedeutet worden (Rubens und Hettner, Ber. d. Preuß. Ak. d. Wiss. 1916, S. 167). Im kurzwelligen Gebiet zeigte sich eine neue Bjerrumsche Doppelbande.

Nr. 7, 1918.

Zur Prüfung der Annahmen für die thermodynamischen Potentiale; von Max B. Weinstein. Es werden die verschiedenen Methoden für die bezeichnete Prüfung besprochen und neue Methoden auseinandergesetzt. Die van't Hoff'schen Gasgesetze für verdünnte Lösungen reichen nicht aus, weil ihre thermodynamische Ableitung an Voraussetzungen gebunden ist, die die Formen der Potentiale bereits vorwegnehmen. Die Gleichungen für Schmelzpunkts- und Siedepunktänderungen müssen eine Umdeutung erfahren, sie entsprechen auch oft den Tatsachen nicht. Die neuen Methoden schließen sich an fortgesetzte Gleichgewichte und Löslichkeitsbeeinflussungen an. Zu diesen letzteren werden die Gültigkeitsgrenzen der Nernstschen Theorie festgestellt.

Über den Thomson-Joule-Effekt und die Zustandsgleichung von Gasen bei kleinen Drucken; von M. Jakob. Der Thomson-Joule-Effekt, d. i. die Abkühlung bei adiabatischer Drosselung, ist für ein ideales Gas gleich Null. Die übliche Identifizierung eines wirklichen, unendlich verdünnten Gases mit einem idealen Gas verführt zu der Meinung, daß sein Thomson-Joule-Effekt ebenfalls gleich Null sein müsse. In der vorliegenden Arbeit wird zunächst daran erinnert, daß eine solche Identifizierung unzulässig ist. Eine Zustandsgleichung muß vielmehr so gebaut sein, daß der ideale Gaszustand zwar als Grenzzustand für unendliche Verdünnung erscheint, der Thomson-Joule-Effekt aber und die Abweichung vom Mariotteschen Gesetz dabei endliche Werte ergeben, die den bekannten Versuchswerten entsprechen. Eine vom Verfasser aufgestellte, bis zu sehr hohen Drucken brauchbare Zustandsgleichung der Luft (s. Forschungsarb. auf d. Geb. d. Ingenieurwesens, Heft 202, 1917) ergibt auch bei geringstem Druck von der kritischen Temperatur aufwärts Übereinstimmung mit der Erfahrung. Nach dem Verfahren der korrespondierenden Zustände lassen sich daraus die Abweichungen vom Mariotteschen Gesetz und der Thomson-Joule-Effekt für andere Gase als Luft berechnen, wie an verschiedenen Beispielen gezeigt ist.

Über das Rotationsspektrum der Gase, insbesondere des Wasserdampfes; von G. Hettner. Herr Planck hat die Theorie des Rotationsspektrums der Gase auf Grund seiner Fassung der Quantentheorie behandelt. Er betrachtet dabei die Moleküle als elektrische Dipole, deren eines Hauptträgheitsmoment verschwindet. In der vorliegenden Arbeit wird nun gezeigt, wie man bei beliebigen Molekülen das Auftreten von Serien von Absorptionslinien deuten kann. Im besonderen ergeben sich für das H_2O -Molekül, in Übereinstimmung mit der Erfahrung, zwei starke und außerdem noch schwache Serien.

Nr. 8, 1918.

Ultrarote Eigenfrequenzen der Nitrate; von C. Schaefer und M. Schubert. Die Verfasser bestimmen die Stellen sel. Reflexion im Gebiete 1 bis $20\ \mu$ und untersuchen die Struktur derselben im polarisierten Lichte. Es ergibt sich, daß die Stellen sel. Reflexion bei ungefähr $7\ \mu$, bei $12\ \mu$ und bei $15\ \mu$ der Gruppe NO_3 angehören, die also als „Baugruppe“ ins Raumgitter eingeht. Es werden insbesondere die Unterschiede gegen die Karbonate diskutiert, es wird bezweifelt, daß das von den Braggs bestimmte Raumgitter, z. B. des Natronsalpeters, genau mit dem des Kalkspats übereinstimmt.

Die Elektronentheorie der Metalle; von Th. Weyde. Der Verfasser geht von der Rieche-Drüdeschen Fundamentalformel aus, nach welcher die elektrische Leitfähigkeit als Funktion von mittlere freie Weglänge, mittlere Geschwindigkeit und Konzentration der freien Elektronen ausgedrückt wird. Unter Benutzung der neuesten Resultate Lenards zeigt der Verfasser, daß die drei obigen Größen aus dem Absorptionsvermögen und dem Emissionsvermögen der Atome für Elektronen berechnet werden können. Die neue Formel wird qualitativ und quantitativ geprüft.

Über ein Braunsch'sches Rohr mit Glühkathode und einige Anwendungen desselben; von Curt Samson. Es wird die Herstellung eines Braunsch'schen Rohres mit Glühkathode beschrieben, das mit möglichst vollkommenem Vakuum arbeitet. Dann wird eine Methode entwickelt, um mit Hilfe des Braunsch'schen Rohres hohe Wechselspannungen beliebiger Kurvenform zu messen. Es werden nach dieser Methode die Funkenpotentiale zwischen Kugeln, zwischen nahezu ebenen Flächen und zwischen Spitze und Platte gemessen, wobei ein mit unterbrochenem Gleichstrom gespeistes Induktorium die Spannung lieferte. Im letzten Abschnitt werden mit dem Braunsch'schen Rohr auf photographischem Wege Kurven hergestellt, die den zeitlichen Verlauf von Stromstärke und Spannung am Coolidge-Röntgenrohr zeigen.

Nr. 10, 1918.

Zur Berechnung der elektrochemischen Normalpotentiale; von Karl F. Herzfeld. Um elektrochemische Normalpotentiale aus thermochemischen Daten berechnen zu können, ist es nötig, die chemischen Konstanten der gelösten Ionen zu kennen. Es wird die Annahme gemacht, daß die chemische Konstante des gelösten Ions die gleiche ist wie die des neutralen Dampfatoms. Dann kann man alle nötigen Formeln hinschreiben. Die Zahlenrechnung gibt systematische Abweichungen gegen die Messungen, doch sind diese Abweichungen bei Ionen mit gleicher Beweglichkeit gleich, was auf Komplexbildung mit dem Wasser zurückgeführt wird. Im zweiten Teil wird das Gleichgewicht zwischen den positiven Ionen in der Lösung und in der Elektrode betrachtet, was zu den gleichen Formeln führt, und so eine Verbindung mit der Elektronentheorie der Metalle hergestellt.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 13.

28. März 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Hundert Jahre „Welt als Wille und Vorstellung“.
Von *Dr. M. Kronenberg, Berlin*. S. 197.

Marbes „Gleichförmigkeit in der Welt“ und die
Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von *Prof. Dr.
R. v. Mises, Frankfurt a. M.* (Schluß.) S. 205.

Besprechungen:

Die Entwicklung der Brille VI. Von *M. v. Rohr,
Jena*. S. 209.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Die bundesstaatliche Gliederung Deutschlands
auf natürlicher Grundlage. Ausstellung von

Kriegskarten. Reisen in der Puna von Argentinien. S. 211.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Ein Helligkeitsmaß (Echelle de Clarté) und Bemerkungen über das Sehen bei schwacher Beleuchtung. Ein erweitertes Verfahren zur Berechnung der Strömung um Tragflügelquerschnitte. Mikrokinematographie zur Beobachtung der Materialabnutzung. Die Oxydation des Kohlenoxyds in Gegenwart von kolloidalem Platin, Iridium und Osmium. S. 214–216.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

[Drei Wärmegrade

—
Kein Zuheisswerden

—
Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenser Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 24.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse G.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschienen:

Entstehung und Ausbreitung der Alchemie

Mit einem Anhang:

Zur älteren Geschichte der Metalle

Ein Beitrag zur Kulturgeschichte

von

Professor Dr. **Edmund O. von Lippmann**

Dr.-Ing. E. H. der Techn. Hochschule zu Dresden
Direktor der „Zuckerraffinerie Halle“ in Halle a. S.

Preis M. 36.—; gebunden M. 45.—

Hierzu 10 % Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

28. März 1919.

Heft 13.

Hundert Jahre „Welt als Wille und Vorstellung“.

Von Dr. M. Kronenberg, Berlin.

Am Anfang dieses Jahres war ein Jahrhundert verflossen seit dem Erscheinen eines der größten und bedeutungsvollsten Werke der ganzen neueren Philosophiegeschichte: *Schopenhauers* „Welt als Wille und Vorstellung“. Schon unter dem 28. März 1818 hatte *Schopenhauer* dem Leipziger Verleger Brockhaus den Verlag seines Werkes angetragen, das er als eine im höchsten Grade zusammenhängende Gedankenreihe kennzeichnete, die bisher noch nie in irgend eines Menschen Kopf gekommen sei. Zur Michaelismesse desselben Jahres sollte das Buch erscheinen; aber allerlei Hemmungen, die in der Druckerei zu Altenburg eintraten, hatten zur Folge, daß der Verfasser den letzten Druckbogen erst am 12. Dezember erhielt, so daß das Werk selbst, 45 Bogen (725 Seiten) stark, dann erst Anfang 1819 an die Öffentlichkeit trat.

Dieses Buch ist schon von größter Bedeutung für die Philosophiegeschichte, vom Standorte der gesamten Geisteskultur der Neuzeit betrachtet. Es nimmt aber auch für sich selbst in mehr als einer Beziehung im gesamten Schrifttum der Neuzeit eine ganz merkwürdige, eigenartige, ja man kann sagen einzigartige, Stellung ein — und so ist in vielfacher Hinsicht sehr begründeter Anlaß vorhanden, die Aufmerksamkeit erneut darauf hinzulenken und die Säkularerinnerung hier an ein Buch, nicht, wie es sonst meist geschieht, an die Person seines Urhebers anzuknüpfen.

Denn dieses Werk nimmt zunächst schon dadurch eine ganz eigenartige, ja fast einzigartige, Stellung ein, daß es mit der geistigen Persönlichkeit seines Urhebers gleichsam eins ist, ihr so vollkommen und erschöpfend Ausdruck gibt, wie dies in der Literatur aller Zeiten und Völker wohl kaum jemals bei einem einzelnen Buche der Fall war. „Die Welt als Wille und Vorstellung“ ist nicht ein Buch, auch nicht eines der Hauptwerke, sondern schlechtweg das Buch, welches *Schopenhauer* geschrieben hat. Zwar hat er noch ein größeres Werk veröffentlicht, aber dieses bekundete schon durch seinen Titel „Parerga und Paralipomena“, daß es keinerlei selbständige Bedeutung hat, sondern nur zahlreiche einzelne Seitenstücke, Ergänzungsstücke, kürzere und ausge dehntere Randbemerkungen zur „Welt als Wille und Vorstellung“ bringt. Ebenso sind auch die wenigen kleineren Schriften, die *Schopenhauer* veröffentlicht hat, nichts anderes als solche Par-

erga und Paralipomena zur „Welt als Wille und Vorstellung“, wenn auch zwei von ihnen „Über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde“, „Über das Sehen und die Farben“, erstere 1813, letztere 1816 erschienen, jenem Werke voraus gingen, einige Grundgedanken schon vorweg nahmen. Und was *Frauenstädt* schließlich aus dem Nachlaß veröffentlichte, vereinzelte Abhandlungen, Anmerkungen, Fragmente, Aphorismen, trägt vollends auch nur den Charakter von Parergis und Paralipomenis zur „Welt als Wille und Vorstellung“. Das alles erscheint um so merkwürdiger, wenn man bedenkt, daß *Schopenhauer* (geb. 1788) erst 30 Jahre alt war, als er „die Welt als Wille und Vorstellung“ veröffentlichte, und 72 Jahre alt, als er (1860) starb. Mehr als vier Jahrzehnte also hat er lediglich damit zugebracht, gewissermaßen immer wieder mehr oder weniger ausführliche ergänzende und erläuternde Bemerkungen und Randnoten zu seinem Werke zu schreiben, als dessen aufmerksamster und immer wieder in seinen Gedankengehalt versenkter Leser — und dies alles in voller geistiger Muße und Unabhängigkeit, körperlich und geistig im wesentlichen gesund, ganz dem geistigen Leben hingegeben, durch keinerlei andere Pflichten und Sorgen, weder amtliche noch persönliche (*Schopenhauer* blieb ja auch unvermählt) in der Erfüllung der literarischen Aufgaben behindert, die er sich selbst hätte stellen können. Nach allen diesen Beziehungen gibt es wohl, wie in der Geistesgeschichte überhaupt, so auch in der Philosophiegeschichte im besonderen kaum ein Seitenstück zum Werke *Schopenhauers*. Man könnte sich wohl etwa daran erinnern, daß ja z. B. auch *Spinoza* nur ein Werk verfaßt habe, die Ethik, das seine ganze Philosophie enthält — aber er hat doch auch andere Schriften, wie den theologisch-politischen Traktat u. a. verfaßt, die daneben und unabhängig davon eine durchaus selbständige Geltung und Bedeutung beanspruchen. Am ehesten würde man vielleicht *Stirners* Werk „Der Einzige und sein Eigentum“ als ein solches Seitenstück ansprechen können — aber wie weit steht es an Bedeutung hinter dem Werke *Schopenhauers* zurück, wie gering ist sein Einfluß gegenüber der gewaltigen Wirkung, welche des letzteren Gedankenwelt bis heute ausgeübt hat. Und dabei gibt es selbst aus der Feder *Stirners* eine Anzahl wenn auch kleiner Abhandlungen und Bruchstücke, die von seinem Hauptwerke ganz unabhängig sind und sich selbständig neben es stellen.

Dieser Ausnahmestellung, welche *Schopenhauers* Werk in fast der ganzen philosophischen Literatur einnimmt, entspricht die Art und Weise seines Entstehens im Geiste seines Urhebers: im nachdrücklichsten Sinne ist „Die Welt als Wille und Vorstellung“ ein Werk der *Intuition*, hervorgegangen aus dem reinen geistigen Schauen, gleichsam aus einem einzigen tiefen Blick in die Zusammenhänge der Welt und des Menschenlebens. Es gibt ja auch in der Philosophie zahlreiche Werke, die ganz oder überwiegend der Gelehrsamkeit entstammen und nach solchem Ursprung mühsam genug schrittweise sich aufbauen; es gibt wieder andere, in denen die gelehrte Kleinarbeit sich fruchtbar mit genialer geistiger Anschauung verbindet, sie hervorreibt oder ihr dient; aber nur ganz wenige sind es, die so wie *Schopenhauers* „Welt als Wille und Vorstellung“ ganz auf einheitliche geistige Anschauung gestellt sind. Nicht als ob nicht auch bei ihm große, umfassende Zurüstungen der Gelehrsamkeit vorausgegangen wären — *Schopenhauer* ist ein Denker von größtem Umfang des Wissens —, aber sie alle hatten hier keine andere Bedeutung wie die der zahllosen einzelnen Keime, die auch in der Natur zusammenwirken, bis die Blüte oder die Frucht rein hervortritt; und in diesem Falle war es die eine einheitliche Geistesanschauung, die Lösung des Welträtsels, die ihn selbst, als sie vor sein geistiges Auge trat, überwältigte und gleichsam zuerst blendete, so daß er von nun an den Blick starr darauf gerichtet hielt, wie er selbst es einmal schildert: „Wie Hamlet, wenn er den Geist seines Vaters erblickt, die Augen starr allein auf diesen heftet und alle Umstehenden unbeachtet läßt — so haben alle die, welche eine große und wichtige Wahrheit zuerst erkannten, nur diese ihr ganzes Leben hindurch im Auge behalten, ohne auf das derweilige Treiben der Zeitgenossen zu achten, oder mit dem, was diese zu ihrem Gesichte sagten, sich aufzuhalten. Denn eine solche Erkenntnis macht den Blick gewissermaßen starr.“ Daher konnte es für *Schopenhauer*, nachdem er einmal jene einheitliche Geistesanschauung ergriffen hatte und von ihr ergriffen worden war, im Grunde nur noch einen Lebensinhalt geben: den nämlich, sie so rein und vollkommen als möglich zur Mitteilung für andere auszuprägen und darzustellen. Das eben geschah in der „Welt als Wille und Vorstellung“. Daher war nach dem Erscheinen dieses Buches im Grunde sein ganzes Lebenswerk bereits vollbracht. Drei Jahre nachher schreibt er selbst auch in diesem Sinne an seinen Freund *Osann*: „Ich habe gelebt, um mein Buch zu schreiben; daher von dem, was ich in der Welt wollte und sollte, sind $\frac{99}{100}$ getan und gesichert: der Rest ist Nebensache, folglich auch meine Person und ihr Schicksal.“

Die Art und Weise nun, wie *Schopenhauer* die einheitliche Geistesanschauung von Welt und Dasein in seinem Werke ausprägte und zur Dar-

stellung brachte, stempelt dieses wieder zu einer ganz ungewöhnlichen Erscheinung in der philosophischen Literatur: denn es gibt nur wenige Schriften, die in solchem Grade überall das Gepräge einer bis ins einzelne gehenden, unerbittlichen, man könnte auch sagen radikalen und rücksichtslosen Wahrheitsliebe und intellektuellen Redlichkeit tragen. *Schopenhauer* selbst hat sich darüber einmal in einem Briefe an *Goethe* ausgesprochen, dem er seine Schrift über das Sehen und die Farben 1815 zugeschiedt hatte. *Schopenhauer* ist ja einer der wenigen unbedingten Anhänger der Goetheschen Farbenlehre gewesen. Nur blieb er nicht bei dem stehen, was *Goethe* das „Urphänomen“ der Farben genannt hatte, sondern suchte nun dieses wiederum zu analysieren und zu begründen, und zwar in der Art, daß er es — zehn Jahre noch vor *Johannes Müller*, der aber *Schopenhauers* Schrift nicht kannte und davon unbeeinflusst blieb — auf seine physiologischen Voraussetzungen zurückführte, die Farbenlehre unmittelbar mit der eingehendsten Untersuchung der Sinne und Sinneswahrnehmungen verknüpfte, kurz, wie *Schopenhauer* selbst sagt, vom *Objekt*, im Gegensatz zu *Goethe*, aber im Einklang mit *Kant*, auf das *Subjekt* zurückging. So schrieb damals *Schopenhauer* an *Goethe*: „Jedes Werk hat seinen Ursprung in einem einzigen glücklichen Einfall, und dieser gibt die Wollust der Conception; die Geburt aber, die Ausführung ist wenigstens bei mir nicht ohne Pein, denn alsdann stehe ich vor meinem eigenen Geist, wie ein unerbittlicher Richter vor einem Gefangenen, der auf der Folter liegt, und lasse ihn antworten, bis nichts mehr zu fragen übrig ist.“ „Der Mut, keine Frage auf dem Herzen zu behalten, ist es, der den Philosophen macht. Dieser muß dem Oedipus des Sophokles gleichen, der, Aufklärung über sein eigenes schreckliches Schicksal suchend, rastlos weiter forscht, selbst wenn er schon ahndet, daß sich aus den Antworten das Entsetzlichste für ihn ergeben wird. Aber da tragen die meisten die Iokaste in sich, welche den Oedipus um aller Götter willen bittet, nicht weiter zu forschen, und sie geben ihr nach, und darum steht es auch mit der Philosophie noch immer, wie es steht.“ Und in ähnlicher Weise charakterisiert er selbst diese Unerbittlichkeit seines Wahrheitsdranges in seinen Rudolstädter Bekenntnissen vom Jahre 1813, wo er u. a. sagt: „Wenn mir ein Gedanke nur undeutlich entsteht und als ein schwaches Bild vorschwebt, so ergreift mich eine unsäglich Begierde, ihn zu fassen, ich lasse alles stehen und verfolge ihn, wie ein Jäger das Wild, durch alle Krümmungen, stelle ihm von allen Seiten nach und verrenne ihm den Weg, bis ich ihn fasse, deutlich mache und als erledigt zu Papier bringe.“ — Die natürliche Folgeerscheinung dieser strengen intellektuellen Redlichkeit war die außerordentliche Klarheit und Durchsichtigkeit der Darstellung,

worin vor allem auch die Schönheit des philosophischen Stils besteht. Auch in dieser Hinsicht nimmt *Schopenhauers* Werk eine Ausnahme-stellung, vor allem in der deutschen Philosophie-geschichte, ein. Wenn vor ihm gerade die größten Denker, soweit sie überhaupt deutsch schrieben, nicht ohne Grund verschrien waren wegen der Unbeholfenheit und Schwerfälligkeit der Darstellung, der Dunkelheit und Undurchsichtigkeit der Schreibweise, so stellt *Schopenhauer* in seinem Werke, man kann sagen zum ersten Male, ein Musterbild auch in stilistischer Hinsicht auf, das dann auf die Nachfolgenden vielfach vorbildlich auch gewirkt hat. Wenn noch *Kant*, *Schopenhauers* vielbewunderter und verehrter Lehrer und Meister, durch die scholastisch-dunkle Art seiner Darstellung in üblem Ansehen gestanden, wenn gar einer seiner Zeitgenossen, wie *Fichte*, dadurch so auf *Schopenhauer* gewirkt, daß er die Lektüre einmal verzweiflungsvoll mit den Worten aus *Bürgers* „Leonore“ abschloß: „Lösch aus, mein Licht, auf ewig aus, fahr hin, fahr hin in Nacht und Graus“ — so schien nunmehr die weit verbreitete Anschauung endgültig widerlegt, als müsse eine philosophische Schrift notwendig eine solche sein, die, in einem unverdaulichen Kauderwelsch oder vielleicht einer dunklen Geheim-sprache abgefaßt, niemand, außer etwa einigen Eingeweihten, verstehen könne. Die bahnbrechende Bedeutung, welche in dieser Hinsicht das Werk *Schopenhauers* besitzt, hängt aufs engste mit dessen besonderer Geistesart zusammen. Treffend charakterisiert in dieser Rück-sicht *Kuno Fischer* wie den guten philosophischen Stil im allgemeinen, so den *Schopenhauers* im besonderen: „Bedeutende Gedanken so einleuch-tend vortragen, daß jeder Denkende sie verstehen muß, sie dergestalt ordnen, abstufen und sprachlich nuancieren, daß sie im Hörer und Leser genau den Sinn erwecken, welchen der Schrift-steller beabsichtigt: darin besteht die Schönheit des Stils, sie wird nur aus dem eigenen, zu völliger Klarheit entwickelten Denken geboren und ist dessen deutlichster Ausdruck . . . In der schriftlichen Darstellung soll jeder Gedanke so einfach, schlicht und verständlich ausgeprägt werden, als ob es sich um eine Inschrift handelt; daher der schöne Stil etwas vom Lapidarstil behalten und haben soll: eben darin unterscheidet sich die schriftliche Rede von der mündlichen. Aus diesem Grunde kann und soll man nicht so schreiben, wie man spricht; die schriftliche Rede kann und soll so natürlich und naiv sein wie die mündliche von guter Art, aber nicht improvisiert wie diese. Alles Geschwätzige ist in der schrift-lichen Darstellung vom Übel. Um schön zu schreiben, muß man klar und geordnet denken: man muß so denken, wie die Architekten bauen, nicht so, wie man Domino spielt.“ — —

Man hätte annehmen dürfen, daß ein Werk von so auszeichnenden Eigenschaften und so großer Bedeutung sehr bald im Geistesleben Ein-

fluß gewinnen, in der Öffentlichkeit starke Wirkung ausüben und sich durchsetzen werde. Allein das Gegenteil war der Fall. Auch in dieser Hinsicht, durch die Schicksale, welche das Buch erfuhr, nimmt „Die Welt als Wille und Vorstellung“ eine höchst merkwürdige Ausnahme-stellung ein. Als das Werk Anfang 1819 er-schienen war, herrschte zunächst fast zwei Jahre lang allgemeines Schweigen darüber. Darin än-derte sich auch zunächst nichts, als *Schopen-hauer* im Sommer 1820 den verunglückten Ver-such machte, an der Berliner Universität als Privatdozent Vorlesungen zu halten, einen Ver-such öffentlicher Lehrtätigkeit, den er ja noch vor Ende des Semesters für immer aufgab. Ende des Jahres 1820 (Dezember) erschien dann aber die erste Rezension in der „Jenaischen Allg. Literaturzeitung“ von *Beneke*. Sie wirkte auf *Schopenhauer* so, daß er dem Redakteur einen grob beleidigenden Brief schrieb, den er zurück erhielt — den Verfasser der Rezension hatte er darin als „Ihr nobler Rezensentenjunge“ bezeich-net. Bald darauf erschien dann ein kleines Schriftchen, verfaßt von einem sonst unbekannt gebliebenen Gymnasiallehrer *Rätze* in Zittau, „Was der Wille des Menschen in moralischen und göttlichen Dingen vermag, und was er nicht vermag. Mit Rücksicht auf die Schopenhauersche Schrift „Die Welt als Wille und Vorstellung“.“ Und endlich schrieb dann noch *Herbart*, damals Professor in Königsberg, eine Rezension im „Hermes“, die erste und lange Zeit die einzige, welche sich um eine objektive Würdigung be-mühte. *Herbart* zollt *Schopenhauer* nicht geringes Lob, er erkennt ihn als ausgezeichneten, geist-reichen Schriftsteller an, vergleicht ihn in dieser Hinsicht mit *Lichtenberg* und *Lessing* und nennt unter den Nachfolgern *Kants Reinhold* den ersten, *Fichte* den tiefstinnigsten, *Schelling* den um-fassendsten, *Schopenhauer* aber den klarsten, ge-wandtesten und geselligsten.

Indessen blieb es in den ersten Jahren bei diesen vereinzelt Stimmen, von denen überdies nur die von *Herbart* schon damals eine gewisse Autorität besaß. Sonst kam es nur noch zu ein paar beiläufigen Erwähnungen. So hatte die Münchener Akademie der Wissenschaften in ihrem Bericht über die Fortschritte der Physiologie während des laufenden Jahrhunderts bei der Lehre von den Sinneswerkzeugen auch *Schopen-hauer* genannt („Über das Sehen und die Farben“); und in einem ganz anderen Zusammenhange hatte *Jean Paul* ein beiläufiges kurzes Urteil über „Die Welt als Wille und Vorstellung“ ab-gegeben und davon gesagt, es sei „ein genial philosophisches, kühnes, vielseitiges Werk voll Scharfsinn und Tiefsinn, aber mit einer oft trost- und bodenlosen Tiefe — vergleichbar dem melan-cholischen See in Norwegen, auf dem man in seinen finsternen Ringmauern von steilen Felsen nie die Sonne, sondern in der Tiefe nur den ge-stirnten Himmel erblickt, und über welchen kein

Vogel und keine Woge zieht. Zum Glück kann ich das Buch nur loben, nicht unterschreiben.“ Aber selbst solche beiläufigen Erwähnungen blieben ganz vereinzelt, und im übrigen herrschte nach wie vor ringsum Schweigen über das Buch. Als daher *Schopenhauer* zehn Jahre nach dessen Erscheinen, Ende 1828, bei seinem Verleger Brockhaus sich nach dem Erfolge erkundigte, mußte er erfahren, von der geringen Auflage von 750 Exemplaren sei eine bedeutende Anzahl „maculiert“ worden, der Absatz sei stets „sehr unbedeutend“ gewesen, und 150 Exemplare seien noch vorrätig. Selbst von diesem geringen Vorrat wurden dann zwei Jahre später noch 97 Exemplare eingestampft, und von den übriggebliebenen 53 Exemplaren waren 13 Jahre später, 1843, also ein Vierteljahrhundert nach Erscheinen, „noch genug für die Nachfrage vorhanden“.

Erst gegen die Mitte des Jahrhunderts trat allmählich eine immer stärker fortschreitende Wandlung ein. Schon gegen Ende der vierziger Jahre meldeten sich die ersten Jünger, traten auch bald die ersten Apostel auf, wie *Schopenhauer* sie nannte, die ebenso berufen wie befähigt waren, die Lehre ihres Meisters zu verkünden und der weitesten Öffentlichkeit zu vermitteln. Allmählich wurde so der Name des Philosophen immer mehr bekannt und steigerte sich sein Ruhm, ja seine Popularität, die in den letzten Lebensjahren schon so groß war, daß zahlreiche Fremde nach Frankfurt a. M. kamen, um ihn zu sehen und er, der Jahrzehnte ganz als Einsiedler gelebt, nun in das Gedränge schwärmerischer Bewunderer geriet. Ungefähr vom 60. bis zum 72. Lebensjahre, in dem er starb, vollzieht sich dieser allmähliche Umschwung von dem Versunkensein in der Nacht völliger Mißachtung und Vergessenheit bis zum immer stärkeren Bestrahlwerden von der Sonne des Ruhmes — erst an der Schwelle des biblischen Alters war diese ihm ganz aufgegangen, und in der letzten Lebenszeit konnte er sogar noch die Anfänge des Weltruhms erleben. In diesem Sinne schrieb er denn auch im Rückblick auf sein Lebenswerk kurz vor dem Tode mit den Worten *Petrarcas*: Ich bin den ganzen Tag gelaufen, es ist Abend, ich bin da!

* * *

Wie ist dieses seltsame Schicksal eines so bedeutenden Buches zu erklären? Wie konnte es geschehen, daß ein Werk wie „Die Welt als Wille und Vorstellung“ noch Jahrzehnte nach seinem Erscheinen als Makulatur verwendet wurde, damit es, wie der Verleger schrieb, doch zu etwas nützlich sei?

Man hat auf diese Fragen mehrfach unrichtige Antworten gegeben. Man hat die Erklärung teilweise auch weit herholen zu müssen geglaubt, obwohl sie gerade in diesem Falle ziemlich nahe liegt.

Am wenigsten stichhaltig ist natürlich die Meinung, der *Schopenhauer* selbst in immer wieder neuen Wendungen unermüdlich Ausdruck

gegeben, die Ursache seines völligen literarischen Mißerfolges liege in der Beschränktheit und Niedertracht, dem Übelwollen und der Eigensucht der Menschen im allgemeinen, der Gelehrten und namentlich der anderen Philosophen — der „Philosophaster“, wie er sie nannte — im besonderen. Niemand konnte hier wohl weniger zu einem objektiven Urteil berufen sein als *Schopenhauer* selbst. Denn zu den bezeichnendsten Zügen seines geistigen Charakters gehörte jener äußerste Subjektivismus, der, ganz in die eigene Vorstellungswelt, das intuitiv erfaßte große einheitliche Weltbild, eingesenkt, außerstande ist, abweichenden oder gar entgegengesetzten Überzeugungen auch nur ein gewisses Maß von Duldung oder Achtung entgegenzubringen, geschweige denn sie zu würdigen und zu verstehen. Damit hängt es ja auch zusammen, daß *Schopenhauer* einer der größten literarischen Schimpf-virtuosen geworden ist — ja vielleicht hat niemand unter denen, die als unbestrittene Genies in der Geistesgeschichte Weltruhm erlangten, so viele Schmähungen — in langer Skala aufsteigend vom „Subjekt“ bis zum „Hundsfötter“ und „Schuft“ — so wenig wählerisch in seinem Werke aufgehäuft wie *Schopenhauer* in dem seinigen; eine Tatsache übrigens, die niemanden veranlassen sollte, dessen Spuren folgend, sein Werk weniger objektiv zu würdigen, als es sonst geschehen würde. Wer die ungewöhnliche Eigenart, das Komplizierte der Persönlichkeit des Philosophen begreift — gerade im Erscheinungsjahr der „Welt als Wille und Vorstellung“, 1819, hat schon *Goethe* in den Annalen von ihm angemerkt: „Ein Besuch Dr. *Schopenhauers*, eines meist verkannten, aber auch schwer zu kennenden jungen Mannes, regte mich auf und gedieh zu wechselseitiger Belehrung“ —, der versteht auch, daß *Schopenhauer* das Recht, seine Gegner aller Art, nicht bloß die persönlichen, zu schmähen, mit derselben Unbekümmertheit und Naivität wie die homerischen Helden für sich in Anspruch nahm und wird ihn so wenig wie diese mit dem belfernden Thersites verwechseln.

Durch das Beispiel des Philosophen selbst vielfach verleitet, haben auch andere geglaubt, in persönlichen Gegnerschaften die alleinige oder doch die hauptsächliche Ursache für den langdauernden Mißerfolg seines Werkes sehen zu müssen. Aber auch das ist in keiner Weise stichhaltig. Ebensowenig wie *Hegel*, den man hierbei in erster Linie nannte, oder dieser oder jener hervorragende Vertreter der Hegelschen Schule, ist irgend einem anderen sachlichen Gegner der *Schopenhauerschen* Lehre, etwa dem oben genannten *Beneke*, eine solche Einwirkung zuzuschreiben. Auch würde es ja nahe liegen, in diesem Falle wie in so vielen anderen die alte Erfahrung bestätigt zu finden, daß gerade solche eifervolle persönliche Feindschaft nur die der gewollten entgegengesetzte Wirkung hervorgebracht haben mußte, nämlich den Erfolg zu

steigern und zu beschleunigen. Denn die Gegner einer geistreichen Sache, wie *Goethe* sagt, schlagen nur immer in die Kohlen: diese springen umher und zünden auch da, wo sie sonst nicht hingekommen wären.

Sehr viel mehr Gewicht hat eine Erklärung, die darauf hinweist, daß ja überhaupt ganz allgemein große neue Gedanken, vor allem solche philosophischer Art, einer langen Zeit, nicht nur Jahrzehnte, sondern oft ein halbes oder ganzes Jahrhundert bedürfen, um festen Boden zu gewinnen und im Gemeinbewußtsein der Menschen oder doch der Gebildeten sich durchzusetzen. Jedes Aufleuchten neuer Ideen gleicht ja in der Tat so dem Aufgang der Sonne im Gebirge: auch diese bestrahlt zunächst immer nur vereinzelte hohe Berge auf ihrer Spitze, vielleicht nur einen einzelnen höchstragenden Gipfel, ehe ihre Strahlen sich von da sehr langsam allmählich in die Täler herniedersinken. Diese Erfahrung wird ja auch gerade in der Philosophiegeschichte durch vielfache Beispiele bestätigt. Man denke nur etwa daran, daß *Spinozas* „Ethik“ noch ein Jahrhundert nach ihrem Erscheinen (1677; es ist das Todesjahr des Philosophen) so gut wie völlig unbekannt oder höchstens in verzerrter, geradezu fratzenhafter Auffassung vereinzelt bekannt war, so daß noch *Lessing* in dem berühmten Gespräch, das er kurz vor seinem Tode (1781) mit *Jacobi* führte, das bittere Wort sprechen konnte: „Redet man doch von ihm (*Spinoza*) nur wie von einem toten Hunde.“

Indessen liegen bei der „Welt als Wille und Vorstellung“ die Ursachen der langdauernden Nichtbeachtung so klar zutage, daß man nicht nötig hat, erst auf jene allgemeineren Ursachen, durch welche der Sonnenaufgang neuer philosophischer Gedanken verzögert wird, hinzublicken, um eine zureichende Erklärung zu finden. Diese liegt hier fast ausschließlich oder doch ganz überwiegend in den besonderen Zeitverhältnissen, in der Eigenart des Geistes jener Epoche, in die das Erscheinen des Schopenhauerschen Werkes fällt. Man braucht, um das zu verstehen, nur ein paar Jahreszahlen vergleichend nebeneinander zu stellen. Im Jahre 1819, als „Die Welt als Wille und Vorstellung“ erschien, befand sich der klassische philosophische Idealismus noch immer auf seinem Höhepunkte. Zwar war *Fichte* einige Jahre vorher (1814) verschieden, aber seine Ideen wirkten noch immer mächtig nach und übten namentlich auch in der Romantik tiefgehenden und ausgedehnten Einfluß aus. Ebenso hatte *Schelling* zwar seine große Wirksamkeit schon hinter sich, aber auch seine Gedanken wurden von zahlreichen Jüngeren und in vielen mehr oder weniger selbständigen Schulbildungen aufgenommen und fortentwickelt, und der romantische Zeitgeist kam auch ihnen überall bereitwilligst entgegen. *Hegel* aber hatte damals den Höhepunkt seiner Wirksamkeit noch nicht erreicht, der mit der Lehrtätigkeit in Berlin ver-

knüpft ist: gerade erst in jenem Wintersemester 1818/19, in dem *Schopenhauers* Werk erschien, hatte er hier seine Vorlesungen eröffnet und führte sie nun bis zu seinem Tode (1831) fort — als der deutsche Nationalphilosoph, wie ihn seine Bewunderer nannten, als eine Art Cäsar oder Bonaparte des Gedankens, wie selbst seine Gegner anerkennen mußten, der jedenfalls das Geistesleben jener Zeit in einer Weise einheitlich und gleichsam zentralistisch durch sein System beherrscht hat, wie es vorher und nachher wohl kaum jemals geschehen ist.

Zu alledem aber, zur ganzen Gedankenwelt des philosophischen Idealismus, bildet *Schopenhauers* Werk die schärfste Antithese. Und es sind nicht lediglich einige wenige Seiten der idealistischen Gedankenwelt, sondern es ist diese selbst in ihrer Gesamtheit und in ihrer Wurzel, welche von *Schopenhauer* völlig verneint wird; und zwar zum ersten Male verneint wird. Zwar nimmt auch er seinen Ausgang von der Kantischen Philosophie, aber indem er, an deren realistische Elemente anknüpfend, sich als den allein berechtigten Geisteserben *Kants* bezeichnet, sucht er zu zeigen, daß die anderen, nämlich die idealistischen, Ausleger und Fortbildner der Kantischen Gedanken diese nur verfälscht und in Widersinn verkehrt hätten, daß insbesondere der Vollender der idealistischen Gedankenwelt, *Hegel*, — den er darum auch mit den stärksten Ausdrücken leidenschaftlicher Gegnerschaft wie Windbeutel oder Unsinnsmacher überhäuft — die Kantische Lehre wie die Philosophie überhaupt in reinen Widersinn verkehrt habe. *Schopenhauers* Werk ist so die erste radikale und leidenschaftliche Absage an die gesamte Gedankenwelt des klassischen Idealismus und die große Ouvertüre zu jener neuen entgegengesetzten Gedankenrichtung, die sich alsbald zum Realismus, Naturalismus, Positivismus fortentwickelte. Diese letztere hat die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts, das Zeitalter der Naturwissenschaften und der Technik, ganz beherrscht, während die erstere, eng verschwistert mit den Geisteswissenschaften und der Kunst, insbesondere der Dichtung, in der ersten Hälfte des Jahrhunderts alles Geistesleben erfüllte. Und diese idealistische Gedankenrichtung mußte erst alle ihre wesentlichen Formen entwickeln, die Zeit mußte auch für sie erst erfüllet sein, ehe sie von der neuen Geistesrichtung abgelöst werden konnte. Nichts natürlicher also, als daß *Schopenhauers* Werk vor der Mitte des Jahrhunderts noch keine Beachtung fand und erst von da ab immer mehr sich durchsetzte und ausbreitete, an Bedeutung höher und höher wuchs — 1819 war es gleichsam zu früh erschienen, erst ein Menschenalter später traf es zusammen mit der Grundrichtung des Zeitgeistes.

Nicht als ob *Schopenhauers* Lehre bereits jenem Realismus, Naturalismus, Positivismus vollen Ausdruck gegeben hätte, welche die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts beherrschen — aber sie bildet da-

zu den entschiedenen, unzweideutigen Übergang, die naturgemäße thematische Einleitung, in demselben Sinne etwa, in dem *Kant* diejenige des idealistischen Zeitalters gegeben hatte, das dann andere, vor allem *Fichte*, *Schelling*, *Hegel* weiter und zu seinem Höhepunkte führten. Und in demselben Sinne ist daher *Schopenhauers* Lehre auch streng dualistisch wie die Kantische — nur eben in entgegengesetzter Richtung. Den alten Widerstreit von Objekt und Subjekt, Ding (Materie) und Intellekt hatte *Kant* zum ersten Male dahin entschieden, daß alles Wesenhafte dem Subjekt zukam, alles Objektive in ihm gleichsam sich auflöste — aber es blieb der Dualismus beider, denn es blieb, gewissermaßen am Rande des Wirklichen und in undeutlichen Umrissen, ein vom Subjekt unabhängiges Objekt, das sogenannte Ding an sich. Umgekehrt bei *Schopenhauer*: alles Wesenhafte fällt bei ihm wieder dem Objekt zu, dem Ding an sich, wie es *Kant* genannt hat, und das *Schopenhauer* nun eindeutig bestimmt als den Willen, dessen Manifestationen oder, wie er auch sagt, Objektivationen, beim Menschen der Leib, überhaupt aber alle Naturerscheinungen sind — und demgegenüber ist das Subjekt nur ein Bedingtes, Abgeleitetes, das Bewußtsein nur ein Ergebnis des Seins, der Intellekt nur ein Funktion des Gehirns, in weiterem Sinne also des Leibes, also auch des Willens, dieser hat also jenen gegenüber den Primat, verhält sich zu ihm wie die Substanz zur Akzidenz — und dennoch bleibt auch bei ihm der Dualismus bestehen, bleibt, wiederum gewissermaßen am Rande des Wirklichen und in etwas unsicheren Umrissen, ein vom Objekt, dem Ding an sich, dem Willen unabhängiges Subjektives, der Welt als Wille gegenüber die Welt als Vorstellung, ja dem Intellekt als bloßem Werkzeug des Willens gegenüber der Intellekt als reines Subjekt an sich, als reines Weltenauge.

In diesem Dualismus liegt gewissermaßen der Pulsschlag des Schopenhauerschen Werkes; und er liegt zum anderen in der eindeutigen Bestimmung des „Realen“, Objektiven als Willen. Man muß bei diesem Begriff, um nicht in heillose Irrtümer zu verfallen, zunächst ganz davon absehen, daß wir unter dem Willen vorwiegend den menschlichen Willen begreifen und darum meist vom Bewußtsein und Denken nicht zu trennen vermögen. Aber der Wille im Schopenhauerschen Sinne beherrscht alle Naturerscheinungen, ist der substantielle Urgrund alles Seienden. *Schopenhauer* hat einmal selbst darauf hingewiesen, daß in einem Abschnitt einer seiner erläuternden und ergänzenden kleineren Schriften, nämlich der Schrift „Über den Willen in der Natur“, der Grundgedanke seiner Lehre, sowohl was die Festigkeit als auch die Beweiskraft anbetreffe, in das hellste Licht gerückt sei und deshalb besondere Aufmerksamkeit verdiene. Dieser Abschnitt ist betitelt „Physische Astronomie“, und hier stützt *Schopenhauer* seine Darlegungen

vor allem auf einen Ausspruch des hervorragenden englischen Astronomen *John Herschel*, der in seinem „Treatise on astronomy“ (1833) gesagt hatte, daß der Fall der Körper kraft ihrer Schwere das unmittelbare Ergebnis eines Willens sei, der irgendwie existiere, wenn wir auch nicht imstande wären, ihn aufzuspüren; auch die Kraft der Gravitation also, welche die Bewegungen der Himmelskörper lenkt, sei in deren eigenem Willen zu suchen. In ähnlichem Sinne ist der Wille überall, in allen Reichen der Natur, gleichsam der Generalnenner alles objektiven Seins. Er ist es in dem Maße, daß für *Schopenhauer* Leib und Wille identisch sind und dieser Satz nach seinem eigenen Ausspruch „die philosophische Wahrheit katexochen“ darstellt. Daher müssen „die Teile des Leibes den Hauptbegehungen, durch welche der Wille sich manifestiert, vollkommen entsprechen, müssen der sichtbare Ausdruck desselben sein: Zähne, Schlund und Darmkanal sind der objektivierte Hunger, die Genitalien der objektivierte Geschlechtstrieb, die greifenden Hände, die raschen Füße entsprechen dem schon mehr mittelbaren Streben des Willens, welchen sie darstellen“. Aber schon jeder Leib im ganzen ist eine Objektivation des Willens, von ihm hervorgebracht und gestaltet. Wir müssen nicht nur einsehen, „daß derselbe Wille, welcher den Elephantenrüssel nach einem Gegenstande ausstreckt, es auch ist, der ihn hervorgetrieben und gestaltet hat, Gegenstände antizipierend“, sondern auch „jede Tiergestalt ist eine von den Umständen hervorgerufene Sehnsucht des Willens zum Leben: z. B. ihn ergriff die Sehnsucht, auf Bäumen zu leben, an ihren Zweigen zu hängen, von ihren Blättern zu zehren, ohne Kampf mit anderen Tieren und ohne je den Boden zu betreten: dieses Sehnen stellt sich endlose Zeit hindurch dar in der Gestalt (Platonische Idee) des Faultiers“. So erklärt sich auch die überall zu beobachtende Zweckmäßigkeit in der Natur, und so löst sich das Problem der Teleologie, das manchem Denker fast unlösbar erschien. Wenn Pflanzen und niedere Tiere zweckmäßige Ausbildung ihrer Organe zeigen, so nicht deshalb, weil die Umwelt sie herbeiführt, sondern weil der Wille ihren Körper beherrscht und zweckentsprechend gestaltet. So ist denn die Gesamtheit der Natur eine aufsteigende Stufenreihe von Objektivationen des Willens; und *Schopenhauer* unterscheidet hierbei drei Hauptstufen: auf der untersten erscheint der Wille noch als mechanische Ursache, auf der höheren schon im organischen Reiz, auf der dritten und höchsten endlich als bewußtes Motiv des Willens im animalischen Wesen.

Überall, auf jeder Stufe der Willenobjektivation, ist der Intellekt nichts als das Werkzeug und gewissermaßen der Sklave des Willens. Das Insekt, welches auf seinem Blättchen herumkriecht, sieht und bemerkt und setzt in kausale Beziehung alles, nur insoweit es seinem Nahrungs-

bedürfnis, seiner Lebenserhaltung, seinen Interessen überhaupt, seinem Lebenswillen dient. Es ist beim Menschen nicht anders. Auch bei ihm ist der Intellekt nur der Diener und das Werkzeug des Willens und wird also gelenkt von Interessen, Leidenschaften, Begierden, wobei es ebenso gleichgültig ist, auf welcher Stufe des Bewußtseins und der Erkenntniskraft der Einzelne steht, wie in welche Weiten der Wille vorzudringen sucht: es ist also gleichgültig, welche Objekte dem Willen, der Begierde vorschweben, ob es Äpfel und Nüsse oder Kronen und Königreiche sind, auf die sie sich richtet. — Aber da geschieht es nun, daß da und dort, ganz selten und vereinzelt, innerhalb der Menschenwelt, auf den höchsten Stufen des Bewußtseins der Intellekt seine Sklavenketten sprengt, von der Dienstbarkeit des Willens sich frei macht und nun mit aufgedecktem Angesichte die Dinge in ihrer reinen Wesenheit schaut, betrachtet und erkennt, nicht nach dem, was sie für den Willen bedeuten, sondern was sie an sich sind, nicht, wie *Spinoza* sagen würde, unter dem Gesichtspunkte seiner selbst, sondern unter dem Gesichtspunkte der Ewigkeit, nicht als Objekte und Zielpunkte der Interessen, Leidenschaften, Begierden, sondern als reine Objektivationen und Erscheinungsformen des Willens, die *Schopenhauer* auch eins setzt mit den Platonischen Ideen. Alsdann ist das Subjekt des Erkennens nicht mehr das Individuum, welches, von Interessen, Begierden und Willensimpulsen bewegt, im Mittelpunkt der Relationen steht, sondern das uninteressierte, begierdelose, willensfreie, reine „Subjekt des Erkennens“, welches ganz in der Anschauung des Gegenstandes aufgeht, sich völlig, wie man richtig sagt, darin „verliert“, sein eigenes Wollen und Begehren vergißt, seiner selbst gleichsam enthoben, gänzlich nur Bewußtsein des Objekts ist, dessen klarstes Abbild, dessen reinsten und deutlichster Spiegel. Das so erkennende und weltbetrachtende Subjekt ist „klares Weltenauge“, ist „reines, willenloses, schmerzloses, zeitloses Subjekt des Erkennens“. Diese Erscheinung der Welt, diese Art sie vorzustellen, ist erst „die eigentliche Welt als Vorstellung“.

Man kann diesen Dualismus von „Welt als Wille“ und „Welt als Vorstellung“ nicht schärfer zum Ausdruck bringen, als es von *Schopenhauer* in seinem Werke geschieht. So tritt er nicht nur in der theoretischen Grundlegung hervor, sondern vor allem auch in der Lehre vom Pessimismus und der damit verknüpften Ethik wie in der Kennzeichnung des Genies, die einen der Glanzpunkte des *Schopenhauerschen* Werkes bildet.

Wenn man *Schopenhauers* Lehre schlechthin als die Philosophie des Pessimismus bezeichnet — und viele kennen sie nur von dieser Seite her —, so ist das eigentlich nicht ganz richtig: pessimistisch ist sie nur, soweit die Welt als Wille, ebenso entschieden optimistisch aber, soweit die Welt als Vorstellung in Frage kommt. Denkt man

nur an die Welt als Wille, die freilich für fast alle Menschen mit der Welt überhaupt, mit der Wirklichkeit durchaus identisch ist, so ist freilich alles Düsterteit und Bitternis, und keiner hat nach dieser Richtung die Welt wohl je mit schwärzeren Farben gemalt und ihr mit größerer Entschiedenheit und Leidenschaft das Siegel absoluter Verwerfung aufgedrückt. Denn der Wille ist stetes, rastloses Streben, dieses aber geht hervor aus dem Gefühl eines Mangels, aus der Unzufriedenheit, ist also stetiges Leiden. Der Wille, das Streben können nie befriedigt werden — wird ein Ziel erreicht, so entstehen sogleich neue Willensregungen, Wünsche und Begierden, daher nimmt wie das Streben auch das Leiden nie ein Ende, es ist maßlos. Ja, wenn die Wünsche und Begierungen zeitweise fehlen, so wird unser Dasein leer und langweilig, also erst recht leidvoll, und bleiben die Befriedigungen aus, so fühlen wir schmerzvoll die Hemmungen unseres Lebens usf. Man braucht noch nicht einmal an das riesige Heer der positiven Leiden zu denken, an alle die Schmerzen (leibliche und geistige), Sorgen, Kümmernisse, unglückliche Zufälle, noch nicht die Hospitäler, Lazarette, chirurgischen Operationssäle, Folterkammern, Gefängnisse und dergleichen sich zu vergegenwärtigen, um die Welt als Hölle zu empfinden; es genügt schon ins Auge zu fassen, daß wir stets, wie der Ixion des griechischen Mythos, auf das Rad unseres Willens geflochten und mit ihm unter steter Pein, Schmerzen und Leiden rastlos umgedreht werden. — Und nun demgegenüber die Welt als Vorstellung, die uns erscheint, wenn wir, ganz der reinen Betrachtung hingegeben, als reines Subjekt des Erkennens, als Weltenauge, begierdefrei die Ideen schauen: nun sind wir, wenigstens zeitweise, wenn und so lange wir dieser Betrachtung und Erkenntnis hingegeben sind, vom Sklavendienst des Willens befreit, alles Leiden ist nun aufgehoben, uns erfüllt reine Heiterkeit und Freude, ja die Seligkeit, das Rad des Ixion steht still, wir feiern „die Sabbathstille des Geistes“.

Nirgendwo kommt dieser Gegensatz in dem Werke *Sopenhauers* schöner und fortreißender zum Ausdruck als da, wo er das Wesen des Genies kennzeichnet, insbesondere es dem Wesen der übrigen Menschen gegenüberstellt. Denn die letzteren, die große Masse der Menschen, „das Pack der Menschheit“, „die Fabrikware der Natur“, wie *Schopenhauer* gern zu sagen pflegt, sind der reinen Betrachtung nicht, oder höchstens einmal in seltenen Augenblicken, vorübergehend, fähig; ja sie sind dessen nicht einmal dann fähig, wenn ihnen dies besonders nahe liegen sollte, weil sie eben nie von ihrem Willen loskommen, daher selbst in solchen Augenblicken ihn einmischen und mit den Dingen, statt sie bloß zu betrachten, sich zu schaffen machen müssen: daher müssen sie z. B. an den schönsten Aussichtspunkten ihren Namen einkritzeln, im Zoologischen Garten die

fremden Tiere necken und reizen u. dgl. Reines Weltenauge ist nur das Genie, nur dieses ist der willenlosen und begierdefreien Betrachtung und Erkenntnis fähig. Freilich kann ja auch das Genie nie ganz vom Willen sich losreißen, auch sein Wesen ist, von der Naturseite her betrachtet, Wille — aber diese Willensseite ist doch in einem gewissen Maße stark zurückgedrängt, alle hierher gehörigen Erscheinungen sind weniger entwickelt, ja oft verkümmert. Daher kommt es, daß das, was die anderen Menschen ganz erfüllt und den wesentlichen Inhalt des Daseins ausmacht, ihre Interessen, Wünsche und Begierden, bei ihm mehr oder weniger zurücktritt: in der Wahrnehmung ihrer Interessen, z. B. ist er „unpraktisch“, oft geradezu hilflos und wie die Kinder, denen es ja überhaupt darin zu gleichen pflegt, daß auch bei diesen die Willensseite noch wenig entwickelt ist und der Möglichkeit, interesselos fragen und erkennen zu wollen weithin Raum gibt — bei *Goethe* z. B. stimmen alle Beobachter darin überein, daß er zeitlebens ein großes Kind geblieben sei. Insoweit auch sie also dem Willen unterworfen sind, unterliegen auch die Genies den Leiden der Welt, ja sie leiden zeitweise noch tiefer als alle anderen Menschen, weil sie eben tiefer in das Wesen der Dinge und ihren Urgrund, das vom Leiden unabtrennbar ist, hineingeblickt haben — daher die melancholischen Stimmungen, von denen das Genie immer wieder befallen wird, wie es auch *Goethe* zum Ausdruck bringt:

Zart Gedicht, wie Regenbogen,
Ist nur auf dunklen Grund gezogen.
Darum behagt dem Dichtergenie
Das Element der Melancholie.

Aber demgegenüber ist nun auf der anderen Seite eben das Genie als reines Weltenauge, der interesselosen Betrachtung der Welt als Vorstellung hingegeben, auch allein der echten Freude und Seligkeit fähig und teilhaftig. Diese Doppelseitigkeit seines Wesens tritt nach *Schopenhauer* beim Genie schon in seiner äußeren Erscheinung zutage: Die Welt als Wille mit den davon unabtrennbaren Leiden kennzeichnet sich in dem schmerzlich zusammengezogenen Munde, die Welt als Vorstellung in der offenen, hohen, zum Denken gebauten Stirn, dem Sitze unzerstörbarer Heiterkeit und Freude. Oder wie es *Schopenhauer* einmal in einem schönen Gleichnis zum Ausdruck bringt: „Die so häufig bemerkte trübe Stimmung hochbegabter Geister hat ihr Sinnbild am Montblanc, dessen Gipfel meist bewölkt ist; aber wenn bisweilen, zumal früh morgens, der Wolkenschleier reißt, und nun der Berg „vom Sonnenlichte rot, von seiner Himmelshöhe über den Wolken auf Chamouny herabsieht, dann ist es ein Anblick, bei welchem jedem das Herz im tiefsten Grunde aufgeht.“

Die geniale Erkenntnis führt nach *Schopenhauer*, wenn sie praktisch wird, zur ethisch-genialen Erkenntnis, deren Ergebnis die Willens-

verneinung ist. Denn die intuitive Einsicht in den Weltzusammenhang, die Einsicht, daß das Wesen des Wirklichen, insbesondere auch des Menschen, Wille, mit diesem aber das Leiden untrennbar verknüpft ist, führt notwendig zum Verlangen und Streben, den Willen, den Willen zum Leben zu verneinen. Die einfachste Verneinung des Lebenswillens ist der Quietismus, d. i. die Aufgabe des Willens schlechthin; die weitere Folge davon ist dann die Ertötung des Eigenwillens: darin besteht die Askese; und endlich führt uns beides zum Mystizismus, d. i. zur tiefsten Selbsterkenntnis, zum Bewußtsein der Identität des eigenen Wesens mit dem aller Dinge oder dem Kern der Welt. Dieser ethisch-genialen Erkenntnis steht das leidensvolle Wesen der Welt ebenso anschaulich, einleuchtend und ergreifend vor Augen, wie der ästhetisch-genialen Erkenntnis des Denkers oder Künstlers, der es in der Idee ergreift, anschaut oder abbildet — nur daß die letztere den Willen immer nur zeitweise und für Augenblicke, jene dauernd „quiesziert“, zum Schweigen und zur Ruhe bringt, daß diese uns wohl zu trösten und zu beglücken vermag, jene aber erst uns wahrhaft beseligt, und daß die letztere uns die Welt nur zeitweise vergessen macht, die erstere uns aber von ihr *erlöst*. So mündet hier *Schopenhauers* Werk in die Lehre von der Religion, und diese ist für ihn eben *nur* Erlösungslehre im Sinne der äußersten Verneinung des Lebenswillens — sie berührt sich in dieser Hinsicht aufs nächste mit dem Buddhismus, auf den *Schopenhauers* Werk wie kaum ein anderes zuerst die Aufmerksamkeit des christlich-abendländischen Kulturkreises hingelenkt hat.

* * *

Unter den zahlreichen begeisterten Anhängern, die „Die Welt als Wille und Vorstellung“ nach der langen Periode des Schweigens allmählich gefunden hatte, befand sich auch *Richard Wagner*, der nicht zum wenigsten gefesselt und ergriffen worden war von der darin entwickelten Theorie vom Wesen der Musik, in der *Wagner* sein eigenes Schaffen wiedergespiegelt fand, von der man aber wohl allgemein sagen kann, sie sei die zugleich tiefstinnigste und schönste Ästhetik der Musik, die es überhaupt gibt. *Wagner* ließ sich als Hauptschmuck seines Arbeitszimmers von *Lenbach* ein *Schopenhauer*-Porträt malen und schrieb dem Meister im Jahre 1868, also ein halbes Jahrhundert nach dem Erscheinen der „Welt als Wille und Vorstellung“: „Ich habe die eine Hoffnung für die Kultur des deutschen Geistes, daß die Zeit komme, in welcher *Schopenhauer* zum Gesetz für unser Denken und Erkennen gemacht werde.“ Dieser Hoffnung hat die zweite Hälfte des seit dem Erscheinen des *Schopenhauerschen* Werkes verflorenen Jahrhunderts keine Erfüllung gebracht, ja in dem seither vergangenen halben Jahrhundert ist die Wirksamkeit der *Schopenhauerschen* Lehre, wiewohl immer noch bedeutend

und gerade in den letzten Jahren wieder stark wachsend, im ganzen doch erheblich wieder zurück gegangen. Ob wir, wie manche meinen, gerade gegenwärtig einer neuen, ja noch stärkeren Blütezeit der Schopenhauerschen Lehre schnell entgegen gehen, ob also auch für sie zutrifft, was sich vielfach in der Geschichte des Denkens beobachten läßt, daß große philosophische Systeme überhaupt erst nach Jahrhundertfrist allgemein wahrhaft begriffen werden und ihre tiefste Wirksamkeit entfalten können, das kann natürlich hier nicht weiter untersucht werden. Sicher ist nur eins: daß *Schopenhauers* Werk nie wieder dem Schweigen der Vergessenheit anheimfallen kann, daß es als eines der großen Meisterwerke des philosophischen Denkens nie wieder untergehen und den Namen *Schopenhauer* für immer der Unsterblichkeit überliefern wird.

Marbes „Gleichförmigkeit in der Welt“ und die Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Von Prof. Dr. R. v. Mises, Frankfurt a. M.

(Schluß.)

7. Marbes Beobachtungen und Behauptungen.

Marbe hat, wie schon erwähnt, in den Standesamtsregistern von vier Städten je 49 152 Geburteintragungen durchgesehen, daraus zunächst die relativen Häufigkeiten der Mädchen- und Knabengeburten bestimmt, die für f und m gesetzt wurden (s. Nr. 12 in Abschn. 5), und dann in jeder der vier Serien von $N = 49\,152$ Eintragungen alle auftretenden reinen Gruppen abgezählt. Das Ergebnis dieser umfangreichen Beobachtungen ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben¹⁾. Für jedes n von 1 bis 17 sind darin die vier unmittelbar beobachteten Anzahlen von reinen Gruppen zu n und darunter das arithmetische Mittel dieser vier Zahlen eingeführt. Keine Gruppen zu mehr als 17 kamen überhaupt nicht vor. Unter dem Durchschnitt der Beobachtungen haben wir in der Tabelle den nach unserer vollständigen Formel (vgl. oben Abschnitt 6) berechneten Wert von a bei jedem n hinzugefügt.

Marbes Beobachtungen über das Geschlechtsverhältnis der Geburten.

Gruppenlänge n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Würzburg.....	12 305	6 184	3 174	1 489	780	362	187	98	41	23	9	7	3	0	1	0	0
Fürth.....	12 028	6 156	3 156	1 580	735	397	186	102	58	21	16	6	3	0	2	0	0
Augsburg.....	12 154	6 090	3 086	1 536	813	395	202	94	44	31	13	8	3	1	0	0	1
Freiburg.....	12 136	6 052	3 134	1 564	761	379	197	118	40	22	12	5	5	0	1	0	0
Durchschnitt ...	12 155,8	6 120,5	3 137,5	1 542,3	772,3	383,3	193	103	45,8	24,3	12,5	6,5	3,5	0,25	1	0	0,25
Mittelwert a ...	12 279,6	6 136,7	3 068,3	1 534,9	768,2	384,6	192,7	96,6	48,4	24,3	12,2	6,1	3,1	1,5	0,75	0,375	0,19

Marbe stellt seinen für jedes n beobachteten Zahlen als Vergleichswert eine Größe gegenüber, die sowohl formel- als zahlenmäßig im wesent-

¹⁾ Aus den Tabellen bei *Marbe*, a. a. O. S. 289 bis 293 zusammengestellt.

lichen mit unserem a zusammenfällt, die er aber als die „wahrscheinlichste“ Anzahl reiner Gruppen zu n bezeichnet. Nun kann man unter wahrscheinlichster Anzahl wohl kaum etwas anderes verstehen als diejenige ganze Zahl, für welche die Wahrscheinlichkeit ein Maximum ist, also etwa im Fall der Fig. 3 mit $N = 8$, $n = 2$ die Zahl 1. Ein Zusammenhang zwischen Mittelwert und wahrscheinlichster Anzahl kann im allgemeinen nicht behauptet werden; so ist z. B. für die symmetrische Verteilung $w_0 = \frac{1}{4}$, $w_1 = \frac{1}{2}$, $w_2 = \frac{1}{4}$, $w_3 = \frac{1}{16}$, $w_4 = \frac{1}{16}$ der Mittelwert 2 zugleich der wahrscheinlichste. Für die Verteilungen bei unserem Problem läßt sich allerdings ein nahes Beieinanderliegen des mittleren und wahrscheinlichsten Wertes, wie in Fig. 3 und 4, voraussehen. Im übrigen scheint hier in der Hauptsache bei *Marbe* nur eine unrichtige Benennung vorzuliegen, denn die „wahrscheinlichste“ Anzahl wird weiterhin bei ihm wesentlich im Sinne eines Mittelwertes behandelt. Stellen wir daher die Bezeichnung einfach richtig, so können wir die Behauptungen, die *Marbe* an die angeführte und einige ähnliche Beobachtungen anknüpft, wie folgt zusammenfassen:

a) Es besteht zwischen den einzelnen Beobachtungen und dem errechneten Mittelwert eine *systematische Abweichung*, nämlich: für kleine n übertreffen die Beobachtungswerte die theoretischen, für größere n ist es zum Teil umgekehrt.

b) Die Beträge der genannten Abweichungen, insbesondere auch die zwischen dem Durchschnitt der vier Beobachtungen und dem errechneten Mittelwert, sind angesichts des *großen Umfanges* der angestellten Beobachtungen auffallend *groß*.

c) Es gibt für jedes Stoffgebiet (z. B. für das Geschlechtsverhältnis der Geburten, das Roulette-spiel usw.) eine bestimmte Länge reiner Gruppen, die *niemals überschritten* wird (z. B. in unserem Fall $n = 17$) — im Widerspruch zur Theorie, nach der reine Gruppen jeder Länge $n < N$ möglich sein sollen.

d) Aus der Gesamtheit der Beobachtungen folgt, daß dem tatsächlichen Geschehen eine Tendenz zum *Ausgleich*, innewohnt, d. h. daß starke

Abweichungen vom normalen Verlauf (z. B. sehr lange reine Gruppen) seltener als die Theorie verlangt oder überhaupt nicht auftreten. Der Grund hierfür liegt in einem inneren Zusammenhang der Elemente des Geschehens.

Mit diesen vier Sätzen glaube ich den Hauptinhalt der Marbeschen Lehre vom statistischen Ausgleich möglichst getreu wiedergegeben zu haben.

8. Kritik der Lehre vom statistischen Ausgleich. Das Schwergewicht der Behauptung a) liegt jedenfalls in der Unterschreitung der berechneten Mittelwerte durch die Beobachtungen bei größeren n , denn die Überschreitung bei kleineren n tritt viel weniger deutlich zutage. Tatsächlich liegen von den 20 letzten Beobachtungen für $n = 13$ bis 17 fünfzehn unter dem Mittel. Nun wäre es aber ein Irrtum, aus der Bezeichnung „Mittelwert“ etwa zu schließen, die Rechnung müßte in allen Fällen gleiche Wahrscheinlichkeit für positive und negative Abweichungen ergeben. Sehen wir uns etwa den Fall $N = 8$, $n = 2$ an, für den in Abschn. 6 der Mittelwert $a = 1,125$ bestimmt und in Abschn. 5 und Fig. 4 tabellarisch und zeichnerisch alle einzelnen w -Werte angegeben wurden. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten keiner oder einer reinen Gruppe zu 2 ergibt sich hier zu

$$w_0 + w_1 = \frac{37 + 50}{128} = \frac{87}{128},$$

die für das Auftreten von mehr als 1,125 Gruppen zu

$$w_2 + w_3 + w_4 = \frac{30 + 10 + 1}{128} = \frac{41}{128}.$$

Hier ist es also mehr als doppelt so wahrscheinlich, daß die Zahl der reinen Gruppen unter a liegt als über a ! Auch im Fall $N = 8$, $n = 2$ in Fig. 2, wo der Mittelwert $a = 2,5$ gerade in der Mitte zwischen zwei ganzen Zahlen liegt, besteht ein Übergewicht zugunsten der kleineren Werte, und zwar ist $w_0 + w_1 + w_2 = 35 : 64$ und $w_3 + w_4 + \dots + w_8 = 29 : 64$. Wie es im allgemeinen bei beliebigem N und n steht, kann man natürlich nur dann sagen, wenn man die Verteilung genau bestimmt hat. Aber zumindest für größere n , die notwendig sehr kleine a -Werte nach sich ziehen, kann man mit Sicherheit das Vorhandensein dieses Übergewichtes behaupten. Wir haben im Marbeschen Fall $N = 49\,152$, $n = 14$, den Mittelwert $a = 1,5$, während die überhaupt möglichen Werte von 0 bis 3510 (d. i. die größte in $49\,152 : 14$ enthaltene ganze Zahl) laufen. Da demnach die beiden allein links vom Mittel liegenden „Stäbe“ bei 0 und 1 mit ihrem nur sehr geringen Abstand vom Mittelwert a dasselbe statische Moment (d. i. Produkt aus Gewicht und Abstand) ergeben müssen, wie die übrigen 3509, zum Teil beträchtlich weit entfernten, zusammen, so kann man wohl annehmen, daß die ersteren schwerer wiegen als die letzteren. Bei kleinen n besteht die Unsymmetrie in bezug auf den Schwerpunkt noch in demselben Sinn, aber viel weniger ausgesprochen: für $n = 1$ ist a rund ein Viertel des größtmöglichen Wertes, hingegen bei $n = 14$ rund ein Zweitausendstel. Wir können also zu Behauptung a) sagen: Daß unter den beobachteten Anzahlen reiner Gruppen mehr

solche vorkommen, die unter a liegen, läßt die Theorie von vornherein, und zwar in besonderem Maße bei größeren n , erwarten.

Auf die Abweichung der aus den vier Beobachtungen gebildeten Durchschnittswerte von den a -Werten bezieht sich diese Aussage nicht. Tatsächlich sind aber auch unter den letzten fünf Fällen nur zweimal, bei $n = 14$ und $n = 16$, die Differenzen negativ. Sprechen wir von diesen Abweichungen der Durchschnittswerte — und damit treten wir zugleich in die Erörterung der Behauptung b) ein —, so müssen wir uns die Bedeutung der Größe a vergegenwärtigen (Abschn. 6). Der Mittelwert a ist der Grenzwert, dem das arithmetische Mittel der beobachteten Zahlen bei unbegrenzter Vermehrung der Beobachtungen zustreben soll. Mit anderen Worten: man muß erwarten, daß bei einer sehr großen Zahl von Beobachtungen der tatsächlich beobachtete Durchschnitt nahe mit a zusammenfällt. Wie steht es nun hier? Es sind im ganzen 4, sage vier, Beobachtungen einer Serie von N Eintragungen vorgenommen worden. Kann man sich wundern, daß vier Elemente noch nicht genau die Merkmalverteilung liefern, die man bei einer sehr großen Zahl von Elementen annähernd zu erwarten hat? Darf man annehmen, daß bei einer Durchschnittsbildung aus vier Beobachtungen schon ein nennenswerter Ausgleich gegenüber einer Einzelbeobachtung eintritt? Der kapitale Irrtum scheint darin zu liegen, daß aus der enormen Größe der Zahl N bei Marbe geschlossen wird, man würde sich auf eine sehr große Reihe von Beobachtungen stützen. Die Verwechslung ist begreiflich, wenn man bedenkt, welche umfangreiche statistische Erhebungen erforderlich waren, um zu einer der Durchschnittszahlen zu gelangen. Aber unsere Klarstellung der Begriffe des Kollektivs und der Wahrscheinlichkeit im ersten Teil dieses Aufsatzes lassen keinen Zweifel darüber zu, daß es sich eben um eine Verwechslung handelt. Die gesamten 49 152 Eintragungen bilden erst ein Element, dessen Merkmal die Anzahl der reinen Gruppen zu n ist; will man Wahrscheinlichkeitstheorie mit diesem Stoff treiben, so muß man eine große Zahl solcher Elemente vornehmen. Hätte Marbe die rund 200 000 Eintragungen etwa in 200 Serien zu 1000 geteilt und für jede solche Serie die Zahlen der reinen Gruppen bestimmt, so wäre eine weitergehende Übereinstimmung zwischen den Durchschnitten (aus je 200 Beobachtungen) und den Mittelwerten zu erwarten gewesen. Tatsächlich hat eine in dieser Art vorgenommene Untersuchung der Geburtseintragungen (wobei 4096 Serien zu 12 aus dem Würzburger Register auf ihre Gruppenzahlen untersucht wurden) nach Marbes ausdrücklicher Angabe die volle Übereinstimmung zwischen Erfahrung und Wahrscheinlichkeitsrechnung ergeben¹⁾. Wir können zusammenfassend zunächst zu b) sagen: Bei der geringen Zahl von nur vier beobachteten Elementen kann eine größere Über-

¹⁾ A. a. O. S. 250.

einstimmung mit den Ergebnissen der Rechnung von vornherein nicht erwartet werden.

Man wird dagegen einwenden — und darin liegt wirklich eine gewisse Stütze für die Auffassung der Marbeschen Erhebungen als eines statistischen Materials von großem Umfang —, daß bei gewissen Aufgaben, die große Versuchsserien als Elemente betrachten, doch schon aus einzelnen, ganz wenigen Beobachtungen Schlüsse wahrscheinlichkeits-theoretischer Art gezogen werden können. Nimmt man z. B. eine Serie von 50 000 Würfeln mit einer Münze (Kopf- und Adlerspiel) zum Element und die zwischen 0 und 50 000 liegende Anzahl der Kopfwürfe als Merkmal, so weist die zugehörige Verteilung das Merkmal 25 000 sowohl als Mittelwert wie als wahrscheinlichsten Wert auf. Würde nun etwa ein einziger Versuch mit einer solchen Serie als Merkmal eine Zahl unter 24 000 ergeben, so müßte man darin eine sehr auffallende Abweichung gegenüber der Wahrscheinlichkeitsrechnung erblicken, allerdings nicht deshalb, weil die Differenz zwischen Mittelwert und Beobachtung an sich sehr groß ist, sondern weil die in diesem Fall vollständig angebbare Verteilung des betrachteten Kollektivs besagt: Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Merkmal unter 24 000 liegt, ist kleiner als 10^{-17} , also ganz enorm gering. Es wäre keine Widerlegung der Wahrscheinlichkeitsrechnung, aber ein auffallendes, zu weiteren Beobachtungen zwingendes Resultat, wenn bei einem einzigen Versuch ein derart unwahrscheinlicher Fall zutage träte.

Um die hier sich aufwerfende Frage, ob es im Marbeschen Falle ähnlich liegt, exakt zu beantworten, müßte man die Verteilung unseres Kollektivs K' vollständig bestimmen, so, wie es etwa für $N=8$, $n=1$ und $n=2$ oben in Abschnitt 5 geschehen ist. Da aber, wie schon erwähnt, bei großem N eine derartige Berechnung praktisch undurchführbar ist, müssen wir uns mit einem Analogieschluß begnügen, indem wir eine bekannte Verteilung, die in den Hauptzügen mit der gesuchten übereinstimmt, zum Vergleich heranziehen. Wenn eine Urne, die schwarze und weiße (oder mit null und eins bezeichnete) Kugeln in einem solchen Mischungsverhältnis enthält, daß die Wahrscheinlichkeit eines weißen Zuges p , die eines schwarzen q ist, so wird die Wahrscheinlichkeit, in z Zügen gerade x weiße Kugeln und $z-x$ schwarze zu erhalten, durch

$$w_x = \binom{z}{x} p^x q^{z-x}$$

(wo der Klammerausdruck den x -ten Binomialkoeffizienten n -ter Ordnung darstellt), nach bekannten Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung dargestellt. Das Element des hier ins Auge gefaßten Kollektivs ist eine Serie von z Zügen, das Merkmal die von 0 bis z laufende Zahl x der gezogenen weißen Kugeln. Es läßt sich nun ausrechnen, daß der Mittelwert dieser Verteilung $a = zp$ und ihre Streuung $s^2 = zpq$ ist.

Wählt man für z einen überaus großen, für p einen überaus kleinen Wert, aber derart, daß das Produkt endlich bleibt, so geht nach einer Formel von Poisson der Ausdruck von w_x über in

$$w_x = \frac{a^x e^{-a}}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots x}$$

Zugleich muß q , weil p klein und $p+q=1$ ist, annähernd gleich 1, somit s^2 annähernd gleich a werden. Nehmen wir für a etwa den Wert 0,375, der in unserer Tabelle für $n=16$ erscheint, so haben wir eine Verteilung vor uns, die folgende Eigenschaften aufweist: 1. Das Merkmal durchläuft die ganzen Zahlen von 0 bis ins Unendliche (oder sehr Weite); 2. der Mittelwert und auch der wahrscheinlichste Wert liegt bei 0,375, also ganz nahe der unteren Grenze; 3. die Streuung ist annähernd gleich dem Mittelwert. — Alle diese Eigenschaften besitzt auch die gesuchte Verteilung im Marbeschen Fall $N=49\,152$, $n=16$, und es führen überdies bestimmte mathematische Überlegungen, die hier nicht berührt werden können, zu der Annahme, daß die beiden Verteilungen im Grenzfall unendlicher N tatsächlich übereinstimmen müssen¹⁾. Rechnen wir also nach der Poissonschen Formel die Wahrscheinlichkeiten für $x=0, 1, 2, \dots$, so erhalten wir

$$w_0 = 0,687, w_1 = 0,258, w_2 = 0,048.$$

Man sieht daraus: Es ist mit rund 70 % Wahrscheinlichkeit zu erwarten, daß in einer Serie von 49 152 Eintragungen *keine* reine Gruppe zu 16 vorkommt, und nur mit etwa 25 %, daß *eine* auftritt. Überdies ist das Fehlen der Iteration geradezu das *wahrscheinlichste* Ereignis (größter w -Wert)! Niemandem wird es unter solchen Verhältnissen als ein Widerspruch gegen die Theorie erscheinen, daß bei vier Beobachtungen jedesmal die Gruppenzahl null erscheint; da die vierte Potenz von 0,7 rund ein Viertel ist, so besagt die Theorie, daß, wenn unendlich viel Serien zu 4 Beobachtungen vorgenommen werden, *in einem Viertel* der Fälle das von Marbe beobachtete Ergebnis eintreten müßte.

Wir haben die Gruppen zu 16 herausgegriffen, weil dies die größte beobachtete Gruppenlänge ist, bei der eine Unterschreitung des gerechneten Mittelwertes zutage trat. Bei $n=11, 12, 13, 15$ und 17 liegt der beobachtete Durchschnitt, meist sehr knapp, über dem Mittel. Nur bei $n=14$ müssen wir eine starke Unterschreitung feststellen. Hier ergibt, mit $a=1,5$, die Poissonsche Formel $w_0=0,22$ und $w_1=0,33$, es ist also auffallend zu bezeichnen, daß in 4 Fällen sich dreimal die Gruppenzahl 0 und einmal die (wahrscheinlichste) Gruppenzahl 1 gezeigt hat.

¹⁾ Auch die allgemein übliche, von Marbe, Bortkiewicz u. a. herangezogene Methode, aus der Größe der Streuung auf den Verlauf der Verteilung zu schließen, beruht lediglich auf einem Analogieschluß, aber auf einem viel weniger begründeten: Es wird nämlich dort einfach angenommen, daß die Verteilung annähernd durch eine symmetrische Gaußsche Fehlerkurve darstellbar sei. Einen anderen Sinn hat die Anwendung des Begriffes „mittlerer Fehler“ nicht.

Aber auf den Fall $n = 14$ allein kann man offenbar die Marbesche Theorie nicht stützen. Wir wollen abschließend zur Behauptung b) bemerken: *Die Nachrechnung nach der Poissonschen Formel ergibt allein für die Gruppen zu 14 (also keineswegs für die längsten) eine etwas auffällige Unterschreitung des theoretischen Mittelwertes.*

Zu Marbes Behauptung c) über das völlige Ausbleiben längerer Gruppen können wir uns sehr kurz fassen. Für $n = 18$ ergibt die Rechnung $a = 0,094$ und die Poissonsche Formel $w_0 = 0,910$, d. h. es ist mit 91 % Wahrscheinlichkeit das Ausbleiben einer reinen Gruppe zu 18 innerhalb einer Serie von $N = 49\,152$ Eintragungen zu erwarten. Dafür, daß unter 4 Versuchen *alle* die Gruppenzahl Null ergeben, besteht die Wahrscheinlichkeit $w_0^4 = 0,687$. Bei größeren n wird w_0 natürlich noch größer. Wir kommen so zum Schluß hinsichtlich der Behauptung c): *Das Ausbleiben reiner Gruppen zu mehr als 17 innerhalb des Marbeschen Beobachtungsmaterials steht in voller Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Wahrscheinlichkeitsrechnung.*

Die vierte und letzte der oben in Abschnitt 7 zusammengestellten Behauptungen, die die *Hauptthese der Marbeschen Lehre* bildet, stellt nur eine Schlußfolgerung aus den drei ersten Sätzen dar, kann also als erledigt gelten, soweit sie sich lediglich auf die hier behandelten Beobachtungen über das Geschlechtsverhältnis der Geburten stützt. Marbe führt aber außerdem noch zwei große Versuchsserien aus dem Gebiet der Glücksspiele an. Aus zwei Gründen schien es mir jedoch richtig, gerade die Geburteneintragungen näher zu untersuchen: 1. weil dies die einzige von *Marbe selbst* durchgeführte und durchaus vertrauenswürdige Versuchsreihe war, während gegen die Verlässlichkeit der anderen Einwände bestehen¹⁾, und 2. weil man im Bereiche der Bevölkerungsstatistik viel eher als in dem der Glücksspiele eine Abweichung von den Annahmen der Wahrscheinlichkeitsrechnung erwarten kann.

Nach den Ausführungen im ersten Teil dieses Aufsatzes läßt sich ja die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung als einer mathematischen Disziplin nicht empirisch feststellen. Versuche oder Beobachtungen können nur zeigen, ob die Theorie in einem bestimmten Fall anwendbar ist, d. h. ob ihre Voraussetzungen — im wesentlichen die beiden Forderungen, die an ein Kollektiv gestellt werden (Abschnitt 2) — bei dem betreffenden Beobachtungsgebiet zutreffen oder nicht. An sich wäre es gar nicht so erstaunlich und würde nichts gegen die Wahrscheinlichkeitsrechnung besagen, wenn im Falle der Geburteneintragungen die Forderungen nicht erfüllt wären, sondern, wie es Marbe vermutet, irgend ein innerer Mechanismus bestände, der die Folge der Geburten (oder nach einer Bemerkung von *v. Bortkiewicz*, die der Eintragungen) beeinflusst. Allein die Prüfung der Beobachtungsergebnisse

hat keinerlei Anhaltspunkt hierfür ergeben, im Gegenteil müssen wir zu Behauptung d) ausdrücklich bemerken: *Die beobachteten Anzahlen der reinen Gruppen innerhalb der $4 \times 49\,152$ Geburteneintragungen stellen nur eine weitgehende Bestätigung der Annahmen der Wahrscheinlichkeitsrechnung dar.* Nach wie vor müssen wir also der vulgären, von *Marbe* bemängelten Ansicht beipflichten, daß die Aussichten auf eine Knabengeburt, soweit sie überhaupt an dem mathematischen Maß der Wahrscheinlichkeit gemessen werden können (s. Abschnitt 3, Schluß), *unabhängig* von den letzten vorangegangenen Eintragungen sind.

Hinsichtlich der von *Marbe* angeführten Spielergebnisse beim Kopf- und Adlerspiel (nach *Pearson*¹⁾) und beim Roulettespiel²⁾ können wir uns um so kürzer fassen, als hier die Methode und der Inhalt der Überlegungen ganz gleich sind denen bei den Geburteneintragungen. Es wird je eine Versuchsreihe, das eine Mal von 8178, das andere Mal wieder von 49 152 Einzelspielen beobachtet. Die Grundwahrscheinlichkeiten sind jetzt beidemal $f = m = 0,5$. Reine Gruppen beim Kopf- und Adlerspiel gab es nur bis $n = 11$; für $n = 12$ gibt unsere Rechnung (in Übereinstimmung mit der von *Marbe*) $a = 1$ und die Poissonsche Formel $w_0 = w_1 = 0,37$. Das bei dem einzigen Versuch beobachtete Ereignis, nämlich *keine* Gruppe zu 12, war somit mit 37 % Wahrscheinlichkeit zu erwarten. Die analoge Zahl für $n = 13$ beträgt $w_0 = 0,61$ und für $n = 14$ schon $w_0 = 0,78$ usf. In allen Fällen von $n = 12$ an ist das Ausbleiben der reinen Gruppe das Ereignis *größter Wahrscheinlichkeit!* Bei den untersuchten 49 152 Roulettespielergebnissen ist es bemerkenswert, daß sich gerade für $n = 14$ (wofür oben die einzige namhafte Unterschreitung von a festgestellt wurde) *zwei* reine Gruppen gegenüber einem theoretischen Mittelwert $a = 1,5$ ergaben. Dafür kamen Gruppen von $n = 15$ ab überhaupt nicht mehr vor. Rechnungsmäßig ist das Ausbleiben bei $n = 15$ mit über 47 %, bei $n = 16$ mit fast 70 % zu erwarten usf. und jedesmal schon der *wahrscheinlichste* Fall. Man kann also hier sicherlich nicht von einem gegenüber den Voraussagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung irgendwie auffallenden Ergebnis sprechen, besonders dann, wenn man das Resultat der *einen* Serie von 49 152 Versuchen mit den früheren *vier* Versuchsserien vergleicht. Es zeigt sich, wie die Theorie verlangt, daß bei Wiederholung der Serie immer noch etwas seltenere Fälle, d. h. längere reine Gruppen, verwirklicht werden. Damit fällt auch das *Marbesche „System“*, beim Roulettespiel zu gewinnen, in sich zusammen, denn es gründet sich im wesentlichen auf die Annahme, daß die bei *einer* langen Serie festgestellten Gruppenzahlen sich immer wieder wiederholen. Wir können aus keinem Punkt der Marbe-

¹⁾ Vgl. *v. Bortkiewicz*, a. a. O.

²⁾ A. a. O. S. 338.

³⁾ A. a. O. S. 340.

schen Untersuchungen den Schluß ziehen, daß eine derartige, der Theorie widersprechende Erscheinung tatsächlich jemals eintreten könnte. Die Voraussagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung beruhen eben nicht, wie *Marbe* sagt, auf „apriorischen Wahrscheinlichkeitsbrüchen“, sondern auf der empirisch festgestellten Übereinstimmung zwischen gewissen theoretischen Forderungen und der Erfahrung sowie — beim Roulettespiel — auf dem ebenfalls empirisch erprobten und von *Marbe* nicht angezweifelten Zutreffen der Grundwahrscheinlichkeit 0,5 für ein Rot- oder Schwarz-ergebnis.

Besprechungen.

Die Entwicklung der Brille VI.

1. *O. Hallauer*, Die Brille 100 Jahre vor und 100 Jahre nach der Erfindung der Buchdruckerkunst. Festschrift zum 50-jährigen Bestehen der Baseler Universitäts-Augenklinik. Basel, Helbing & Lichtenhahn, 1915, 122—139, mit 15 Abb.
2. *R. Greeff*, Nikolaus von Cusas Buch „De Beryllo“. Zeitschrift f. ophthalm. Optik 1917, 5, 42—44 (17. III.).
3. Derselbe, Die Veglia des Carlo Dati über die Erfindung der Brillen. Ebenda, 65—77 (15. V.).
4. Derselbe, Die Briefe des Francesco Redi über die Erfindung der Brillen. Ebenda, 1918, 6, 1—11 (11. I.).
5. *M. von Rohr*, Zur Entwicklung der Fernrohrbrille (Dritter Nachtrag). Ebenda, 25—35, mit 3 Abb. (12. III.).
6. *R. Greeff*, C. A. Manzini's: L'occhiale all' occhio (1660). Ebenda, 36—39 (12. III.).
7. Derselbe, Daza de Valdes': Uso de los Antojos (1623). Ebenda, 97—104 (2. IX.).
8. *A. von Pflugk* und *M. von Rohr*, Beiträge zur Entwicklung der Kenntnis von der Brille. Zeitschrift für Augenheilkunde 1918, 30, 50—77, mit 5 Abb. (XI.).
9. *R. Greeff*, D. M. Manni: Degli occhiali da naso. Über die Nasenbrillen (1738). Zeitschrift f. ophthalm. Optik 1919, 7, 1—8.
10. Derselbe, Das Denkmal des Salvino d'Armati. Ebenda, 8—10 (20. I.).
11. Derselbe, Die Nietbrille. Deutsch. Opt. Wehschr. 1919, (4), 2, mit 1 Tfl. (6. I.).
12. *M. von Rohr* und *K. Stegmann*, Zur Brillenversorgung Deutschlands um die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts. Centr.-Ztg. f. Opt. u. Mech. 1917, 38, 144—45; 164—67; 174—76; 187—89; 199—201 (1. V.—10. VI.).
13. *M. von Rohr*, Beitrag zur Geschichte der süddeutschen Brillenfabriken. Zeitschrift d. Deutsch. Ges. f. Mech. u. Opt. 1917, 83—89 (15. V.).

Hält man in dem nachfolgenden Bericht einigermaßen die historische Reihenfolge der Abfassung des Inhalts ein, so ist 2 an erster Stelle zu behandeln, denn *Cusas* Schriften wurden vor 1464, dem Todesjahr des Kardinals, abgeschlossen. Genauer ist der Zeitpunkt der angeführten Schrift nicht bekannt, und sie gibt über die Brille nur die Gewißheit, daß dem Schreiber damals nicht nur Sammel-, sondern auch Zerstreuungslinsen, und zwar aus Beryll, bekannt waren. — An zweiter Stelle steht 7, wo eine ziemlich eingehende Inhaltsangabe gemacht wird. Dabei finden sich die

Umrechnungszahlen der Brillenstärken auf das heutige Maß, die *G. Albertotti* 1892 bei seiner Herausgabe der 1627 abgeschlossenen französischen Übersetzung des Valdesischen Buches ermittelt hatte, und die sehr nahe mit Dioptrienstufen übereinstimmten. Da über diesen Gegenstand aber noch einmal bei 8 gehandelt werden wird, so kann für weitere Bemerkungen auf eine spätere Stelle dieses Berichts verwiesen werden.

Die nunmehr beginnende Reihe der Greeffschen Schriften 3, 4, 6, 9, 10 beschäftigt sich namentlich mit der allmählichen Entwicklung unserer Kenntnis von dem Erfinder der Brille. Zuerst hat man in Oberitalien mit der Bearbeitung dieses Gegenstandes begonnen, und zwar vermochte der Fachmann in der Glasbearbeitung, Graf *C. A. Manzini*, 1660 nach 6, 37 keinerlei Antwort darauf zu geben. Sehr bald danach wurde diese Frage von italienischen Altertumsforschern aufgenommen, und zwar hört man in 3 von einer Abhandlung des florentinischen Akademikers *Carlo Dati*, die wahrscheinlich im Frühjahr 1663 verlesen wurde. *R. Greeff* hat einen Abdruck dieser Schrift in der Berliner Bibliothek aufgefunden, was hiermit berichtet sei. Hierzu, wie zu 4, 9 und 10, liegen sehr eingehende Untersuchungen vor, die der noch lebende italienische Brillenforscher *G. Albertotti* 1914 im 43. Bande der Ann. di Ottalm. 328 ff. veröffentlicht hat, und die diesen Darstellungen in ausgedehntem Maße zugrunde liegen. Es sei gleich hier bemerkt, daß sein Urteil über *Dati* durchaus anerkennend ausfällt. Wendet man sich nun zu dem Inhalt, so hatte man schon damals bemerkt, daß etwa von dem Verfall der römischen Republik ab, durch die Zeit der Kirchenväter hindurch bis an die Gelehrten der Renaissance heran, wohl viele Klagen über die Abnahme der Augenleistung — man würde heute sagen, den Eintritt der Alterssichtigkeit — erhoben werden, daß dagegen von der Brille erst um den Beginn des 14. Jahrhunderts die Rede ist. So wird als erste Erwähnung zu jener Zeit die Äußerung des Arztes *B. von Gordon* zu Montpellier um 1305 (3, 76) angeführt. Auf die bekanntesten Optiker des Mittelalters, *Alhazen* (gest. 1038), *Roger Baco* (1214—1294) und *Witelo* (lebte um 1271) wies *Dati* wohl hin, gab aber keine genauere Untersuchung des ihnen etwa gebührenden Anteils der Erfindung, was auch sicherlich außer dem Bereiche seiner Kenntnis gelegen hätte. Er führte aber aus dem Gedächtnis den Inhalt einer hierher gehörigen Stelle an, die sich in einem geschriebenen Kodex im Katharinenkloster zu Pisa finde. Nach dieser noch heute erhaltenen und um einige Zeit von der berichteten Begebenheit getrennten Niederschrift habe ein 1313 zu Pisa verstorbener Mönch des Katharinenklosters, *Alexander de Spina*, die Brillen zwar nicht erfunden, aber nach dem Vorgange eines Ungenannten geschliffen. — Verbunden mit diesem alten Bericht wird dann noch eine Erinnerung an das heute als holländisches bekannte Fernrohr, das damals und verständlicherweise auch *C. Dati* als *Galileis* Erfindung gilt, da er es auf die bloße Nachricht von der Lipperheyschen Erfindung selber aus Brillengläsern zusammengestellt hatte. Gewiß wird durch diese Verbindung der Ruhm der Akademiestadt Florenz haben erhöht werden sollen, und das war um so leichter möglich, als man lange Zeit hindurch — man sehe z. B. 6, 37 und 38 — diese Fernrohre als zusammengesetzte Brille der Nasen- oder einfachen Brille gegenübergestellt hat.

Man kann zu diesen alten Angaben bemerken, daß nach den sorgfältigen Untersuchungen *J. Hirschbergs*,

der in der Manessischen Liederhandschrift vertretene *Meißner* (1260—80) die Brillen unter dem Namen des *lichten Spiegels* erwähnt. Was aber die eigentümliche Bezeichnung des holländischen Fernrohrs angeht, so hat *M. Engelmann* 1918 im 51. Bande des *Sirius* aus den Dresdner Verzeichnissen mitgeteilt, daß man 1613 nach *Galileis* Vorgange gebaute Himmelsfernrohre als „*Perspectiff Priellen*“ bezeichnete.

Die unter 4, 9, 10 aufgeführten Arbeiten behandeln weitere, zwar nicht bessere, aber besser bekannte italienische Quellen zur Brillengeschichte. *Fr. Redi*, ein Zeitgenosse *Datis* und mit ihm im Briefverkehr stehend, sowie ebenfalls der florentinischen Akademie angehörig, hat sich 1673 und 78 über die Frage des Erfinders der Brille geäußert. Er hat den genauen Wortlaut sogar aus zwei verschiedenen, heute noch erhaltenen Pisaner Handschriften beigebracht, aber den Datischen Ergebnissen sonst nichts Bemerkenswertes hinzugefügt. Im Gegenteil bezichtigt ihn die Forscher *Volpi* und *Albertotti* einer Fälschung, da er den Wortlaut eines Vertrags aus dem Jahre 1299 erdichtet habe, um einen Beleg für ein so frühes Vorkommen von Brillengläsern beizubringen. — 9 und 10 beschäftigen sich mit einer aus dem Jahre 1738 stammenden Brillenschrift *D. M. Mannis*, worin zum ersten Male der Name des Florentiners *Salvino d'Armati* erscheint, dem nun die Erfindung der Brillen zugeschrieben wird. Als Belege werden eine Stelle in einem 1684 erschienenen Buch *L. del Migliore* sowie ein Denkmal des Erfinders in der florentinischen Kirche S. Maria Maggiore angeführt. Die italienischen Forscher *Canovai* und *Albertotti* haben aber die Glaubwürdigkeit beider Belege siegreich bestritten. *L. del Migliore* ist ganz unzuverlässig, und die Geschichte des *Armatischen* Denkmals wird in 10 genauer geschildert. Man kann danach als sicher angeben, daß es erst 1841 für eine Gelehrtenversammlung zu Florenz zusammengestellt wurde, und zwar verwandte man damals für die Büste ein altes, aus der Verfallzeit der römischen Kunst stammendes Bildwerk.

Bildliche Darstellungen von Bedeutung für die Brillengeschichte behandelt hauptsächlich nach Schweizer und sonderlich Baseler Vorlagen die sehr sorgfältige und mit ausgezeichneten Abbildungen versehene Darstellung 1. Sie gibt auch eine kurze, aber zuverlässige Geschichte der Brille. Unter den Abbildungen findet sich das erste, eine Brille enthaltende Gemälde (s. diese Zeitschrift 1915, 3, 663), dessen Herstellung auf das Jahr 1352 zurückgeht; alle andern dort erwähnten Brillendarstellungen sind wesentlich jünger. Aus den in 1 gemachten Feststellungen sei besonders auf die altertümliche Bezeichnung *Augenspiegel* hingewiesen, die durch einen Druck vom Jahre 1511 belegt ist, und ferner auf die um 1519 gezeichnete Darstellung des stark kurzsichtigen Papstes Leo X. mit einer beidäugigen (Nagel-) Brille. Aus etwa gleicher Zeit stammt die Zeichnung eines Straßenhändlers, der neben andern Kleinigkeiten auch Brillen führt. — Eine gewisse Ergänzung des Bilderschatzes liefert 11, wo ein im Jahre 1466 gemaltes Bild des heiligen Petrus mit einer Niet- (früher Nagel-) Brille wiedergegeben wird; es ist dem Maler *Fr. Herlin* zuzuschreiben.

Es ist das Ziel von 8, möglichst alte Bräuche bei der Herstellung und der Verordnung von Brillen zu sammeln. In der ersten Hinsicht finden sich Mitteilungen über die Abstufung von Gläsern. Sie erfolgte in ganz frühen Zeiten nach dem Alter, doch richtete man sich 1585 mindestens für die Zerstreuungsgläser

nach dem Halbmesser der Schleifschalen, ein Grundgedanke, der 1618 von *H. Sirturus* (s. diese Zeitschrift 1917, 5, 203) sorgfältig und für die nächste Zeit maßgebend ausgebaut wurde. *Daza de Valdes*, der als Spanier einem ganz abgesonderten Gebiete der Brillenherstellung und -verwendung angehörte, gab ein auf der Größenschätzung optischer Bilder beruhendes Verfahren an, die Brechkraft eines gerade vorliegenden Brillenglases zu bestimmen. Damit hatte sich *G. Albertotti* schon 1892 beschäftigt, hier wird wiederum versucht, zu einer Umrechnung auf die heutige Einheit zu kommen, doch ergibt sich, daß die Grundlage keine große Genauigkeit gestattet, die damaligen Vorschriften aber kein Verständnis des Grundgedankens verraten. Es scheint, daß die Abstufung eine solche nach ganzen Linienvielfachen der Halbmesser der Schleifschalen gewesen sei. Besonders wichtige Angaben mit Mitteilung der Seitenzahl, so die wichtige Mitteilung eines Falles von Übersichtigkeit, finden sich 8, 61 gesammelt, und wiederum wird darauf hingewiesen, daß eine genauere Kenntnis der eigenartigen spanischen Brillenentwicklung im 17. Jahrhundert uns mancherlei lehren könnte. Die späteren Verfertiger gut ausgeführter und angepaßter Brillen, im 17. Jahrhundert in beträchtlichem Maße Ordensgeistliche, stützten sich im wesentlichen auf *H. Sirturus*, und noch im 18. Jahrhundert haben sich die alten Abstufungen erhalten, was aus 20 Stücken der Pflugkschen Sammlung geschlossen werden kann. — Ein eingehender Leitfaden für die Brillenverordnung, 1686 von dem Prämonstratensermönche *J. Zahn* verfaßt, wird in wörtlicher Übersetzung auf 338 Zeilen wiedergegeben und durch 36 Anmerkungen erläutert. Es scheint, als habe die Brillenverordnung im 18. Jahrhundert keine so eingehende Darstellung gefunden.

Den Anschluß mag 5, der dritte Nachtrag zur Entwicklung der Fernrohrbrille, bilden. Einmal konnte der Stöpsellinse nachgegangen werden, wo sie sich 1759 bei dem Engländer *D. Martin* nachweisen ließ. Inzwischen habe ich gefunden, daß dieses zunächst überraschende Vorkommen insofern von seiner Erstaunlichkeit verliert, als bereits 1703 die Huygensische Lösung der in der Stöpsellinse vorliegenden Aufgabe veröffentlicht war. Ebenfalls unbekannt war ein Bericht aus dem Jahre 1872, der auf die Bemühungen des Wiener Augenforschers *K. Stellwag von Carion* um die Stöpsellinse ein helles Licht fallen läßt. — Was die eigentlichen Fernrohrbrillen angeht, so sind, wie auch in dieser Zeitschrift 1917, 5, 203, erwähnt, die kurzen Handperspektive als ihre Vorläufer anzusehen. Solche treten sehr bald nach der Lippersheyschen Erfindung auf, wie ja in Paris von *D. Chomez* bereits 1625 sogar Röhrchen von $5\frac{1}{2}$ —8 cm Länge angeboten wurden. Wann die Optiker des deutschen Sprachgebietes ihre Herstellung übernehmen, steht noch nicht fest; daß es früh im 18. Jahrhundert geschehen sein wird, läßt sich aus einem Wörterbuch für Kaufleute schließen, wonach 1745 die Brillen- und Perspektivmacherei als ein ganz gebräuchliches Gewerbe erscheint. Dabei wird für die Brillenfassung noch Leder verwandt, was möglicherweise auf die ersten Jahre des Jahrhunderts schließen läßt, und vielleicht kann man auch an die nahe Verwandtschaft der Brillen und der holländischen Fernrohre denken, auf die zu Anfang dieses Berichts hingewiesen wurde. — Die erste Fernrohrbrille für Kurzsichtige läßt sich auf das Jahr 1667 und den Jesuiten *Fr. Eschinardi* zurückführen. Auch sie ist noch als Handglas gedacht, lieferte die ziemlich hohe Vergrößerung vom 2,1-fachen und sollte gegebenenfalls

mit einer Einstellvorrichtung für verschiedene Dingen versehen werden. — Zur Geschichte der eigentlichen Fernrohrbrille werden einige Ergänzungen bis zur neuesten Zeit gemacht und alle bisher beigebrachten Angaben zu einer Zeittafel für Fernrohrbrillen und Stöpsellinsen zusammengetragen. Damit ist für die Einreihung späterer Funde, die jedenfalls noch zu erwarten sind, ein brauchbares Gefach geschaffen.

Den Schluß mögen zwei Arbeiten über Vorgänge aus neuerer Zeit bilden. — Bei 12 handelt es sich zwar im wesentlichen um die Begründer des großen Rathenower Brillengewerbes, *Johann Heinrich August Duncker* (* 1767, † 1843) und seine Nachfolger, doch ist auch der Vorgeschichte Aufmerksamkeit geschenkt worden. Sowohl der oberdeutschen — Nürnberg-Fürther — Massenbetriebe mit ihren entsetzlich gedrückten Preisen (Nasenbrillen wurden nach unserem Gelde mit 6 bis 21 Pf. bezahlt), sowie des im Gegensatz dazu entwickelten eigentlichen *Brillenhandwerks*, wo die Ohrenbrille zwischen 6,30 M. und 11 M. galt, wird gedacht. Es war ein sehr richtiger Gedanke des blutarmen Rathenower Zivilpredigers *A. Duncker*, um den Ausgang des 18. Jahrhunderts ein optisches Werk, in erster Linie für Brillen, zu begründen und es mit Hilfe der Soldatenkinder in der Garnisonstadt Rathenow zu betreiben. Er wandte sich mit einem Unterstützungsgesuch an die preußische technische Deputation, und in den Akten dieser Behörde sind uns eine ganze Menge von Einzelheiten enthalten, die ein deutliches Bild von der damaligen Zeit vor uns entstehen lassen. Der Staat gab in der Tat 1500 Taler Unterstützung, und das kleine Unternehmen trat ins Leben, litt aber unter der Franzosenzeit von 1806—1813 schwer. Von da ab — man beschäftigte auch Kriegsverletzte — nahm es langsam zu, versuchte sich auch an Neuerungen, wie den periskopischen Gläsern, und sein Begründer hat das unbestrittene Verdienst, durch belehrende Schriften Kenntnisse über die Brille verbreitet zu haben. Die Herstellung stand auch noch unter dem Sohne des Begründers in den Kinderschuhen, denn selbst zu Beginn der 40er Jahre war man noch nicht weiter als zur Aufstellung eines wenig brauchbaren, durch Pferdekraft betriebenen Göpelwerks gekommen, und erst der dritte Inhaber *Emil Busch*, ein Enkel des Begründers, stellte 1847 eine kleine Dampfmaschine von 8—12 Pferdekraften auf. Die Bedeutung dieses Mannes für die Brille ist recht bemerkenswert, da er sich der Mitarbeit des in dieser Ztschft. 1915, 3, 663, erwähnten Augenarztes *K. A. Burow* erfreute, und mit ihm recht früh, von 1863 ab, sehr wichtige Schritte zur Entwicklung eines brauchbaren Abstufungsverfahrens tat.

In 13 wird auf Grund einer aus dem Jahre 1890 stammenden Schrift über die Fürther Gewerbeverhältnisse zusammengetragen, was sich über die Herstellung, die Lohnverhältnisse, den Rohstoff, den Umsatz und die Güte der oberdeutschen Brillengläser ermitteln ließ. Der Maßstab ist hier viel größer als in den Anfängen des Rathenower Betriebes. Ein sachverständiger Fürther Arzt schätzte die Herstellung um 1850 in Nürnberg-Fürth auf $7\frac{1}{2}$ Millionen Stück, zu 10/11 sammelnder Wirkung. Über die jammervollen Brillenpreise gab schon 12 Auskunft, und es versteht sich, daß man die Löhne aufs äußerste drückte. Angaben darüber finden sich nur für die Entlohnung von Zuchthäuslern (42 Pf. auf den Tag), die man noch in den 30er Jahren in merklicher Zahl verwandte. Die Brillenherstellung in Fürth ist alt. Die mit 1710 be-

ginnende Stammtafel eines wichtigen Brillenwerks wird angegeben und zu dem Absatz mitgeteilt, daß das Hauptgeschäft in billigen Altersbrillen lag, die zuerst nach England und Frankreich, dann im Anfang des 19. Jahrhunderts nach dem nahen Osten, schließlich für die farbige Bevölkerung Ost- und Westindiens geliefert wurden. Die Güte der Ware scheint von einer erträglichen Höhe in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts allmählich recht tief herabgesunken zu sein.

Moritz von Rohr, Jena.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 27. Januar 1919 hielt Prof. *W. Vogel* (Berlin) einen Vortrag über die **bundesstaatliche Gliederung Deutschlands auf natürlicher Grundlage**. Der politische Umsturz hat eine Neuordnung der bundesstaatlichen Verhältnisse nötig gemacht. Das demokratische Prinzip der Bemessung der Stimmenzahl im Bundesrat nach der Bevölkerungsmenge würde ein für die anderen Bundesstaaten unerträgliches Übergewicht Preußens ergeben. Eine Lösung der Schwierigkeiten ließe sich erreichen durch das völlige Aufgehen Preußens im Reich und eine neue Gliederung desselben in Einzelstaaten oder Reichsprovinzen. Manche der bisher veröffentlichten Vorschläge einer Neueinteilung Deutschlands krankten daran, daß die Einzelstaaten zu groß oder zu klein angenommen wurden. Der Vortragende hält eine Einwohnerzahl von 5 bis 6 Millionen für ein geeignetes Ausmaß und schlägt unter möglichster Beibehaltung der historischen Grenzen die Aufteilung des Deutschen Reiches sowie der deutschen Teile Österreichs in folgende Staaten vor:

1. Preußen, umfaßt die Provinzen Ost- und Westpreußen sowie den Regierungsbezirk Bromberg. 74 000 Quadratkilometer, $4\frac{1}{2}$ Millionen Einwohner. Hauptstadt: Königsberg (oder Danzig).

2. Schlesien, außer der bisherigen Provinz den Regierungsbezirk Posen und die von Deutschen bewohnten sudetenländischen Teile Böhmens, Mährens und österreichisch-Schlesiens umfassend. 65 000 qkm, 7,7 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Breslau.

3. Brandenburg, außer der bisherigen Provinz dieses Namens Pommern, die Altmark und die beiden Mecklenburg. 90 000 qkm, 8,8 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Berlin.

4. Niedersachsen, umfaßt die Provinzen Hannover und Schleswig-Holstein, Oldenburg, die drei Hansestädte und den größten Teil von Braunschweig. 59 000 Quadratkilometer, 6,3 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Hamburg (oder Hannover).

5. Thüringen, umfaßt die bisherigen thüringischen Kleinstaaten, bis zum Kamm des Thüringer Waldes, die bisherige preußische Provinz Sachsen, ohne die Altmark und die Wittenberg-Torgauer Gegend, sowie Anhalt, Teile von Braunschweig und das obere Leinetal. 32 000 qkm, 4,3 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Magdeburg (oder Erfurt).

6. Obersachsen, das bisherige Königreich Sachsen nebst den als soziale und landwirtschaftliche Ergänzung nützlichen, früher dazu gehörigen Strichen um Wittenberg-Torgau und den nordböhmisches Distrikten östlich vom Egerland. 24 000 qkm, 6 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Dresden.

7. Westfalen, die bisherige Provinz nebst den beiden Lippe, Waldeck und dem Regierungsbezirk Osnabrück. 30 000 qkm, 4,7 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Münster (oder Dortmund).

8. Rheinland, die bisherige Provinz nebst Birkenfeld. 27 000 qkm, 7,2 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Köln.

9. Pfalz-Hessen, das bisherige Großherzogtum Hessen, die preußische Provinz Hessen-Nassau, die bayerische Rheinpfalz und die altpfälzischen Teile Nordbadens. 33 000 qkm, 5 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Frankfurt a. M.

bezirke Ober-, Mittel- und Unterfranken, Teile der Oberpfalz, Sachsen-Meiningen und -Koburg südlich des Rennsteigs, die fränkischen Teile Württembergs und das böhmische Egerland, nebst den südlich angrenzenden deutsch-böhmischen Distrikten. 30 000 qkm, 3,7 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Nürnberg.

13. Bayern, der Rest des früheren Königreiches, einige angrenzende westböhmische Striche sowie Salz-



Gez. H. Heyde.

10. Schwaben, das bisherige Königreich Württemberg ohne die fränkischen Teile, Baden ohne die pfälzisch-fränkischen Teile des Nordens, die Hohenzollernschen Lande. 29 000 qkm, 4 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Stuttgart.

11. Elsaß-Lothringen, das bisherige Reichsland, dem die zugesagte Autonomie auf diese Weise erfüllt wird. 14 500 qkm, 1,9 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Straßburg. Besser wäre freilich eine Zuweisung Lothringens an das Rheinland, des Elsaß teils an Schwaben, teils an die Pfalz.

12. Franken, die bisherigen bayerischen Regierungs-

burg, Tirol und Vorarlberg. 80 000 qkm, 4,9 Millionen Einwohner. Hauptstadt: München.

14. Österreich, Ober- und Niederösterreich, nebst den angrenzenden, von Deutschen bewohnten Strichen Böhmens, Mährens und Ungarns, Kärnten und Steiermark bis auf die slowenischen Gebirgssteile. 65 000 qkm, 6,2 Millionen Einwohner. Hauptstadt: Wien.

Mit aller Entschiedenheit betonte der Vortragende, daß die Auflösung Preußens allerdings nur dann erträglich sei, wenn die Reichsbefugnisse erheblich gestärkt würden.

An den Vortrag knüpfte sich eine lebhaft er-

örterung. Professor *Baschin* protestierte vom Standpunkt des Preußentums nachdrücklichst gegen diese Aufteilung seines Vaterlandes. Neben historischen und geographischen Gesichtspunkten dürfe auch der Volkswille als staatenbildendes Element nicht außer acht gelassen werden. Geheimrat *Penck* betonte demgegenüber, daß er sich als Deutscher, nicht als Preuße fühle, und daß die Vorschläge als Grundlage einer Neueinteilung wohl geeignet seien, weil damit auch dem Partikularismus ein Ende bereitet würde, der schuld an Deutschlands Unglück sei. Prof. *Karl Fischer* und Herr *Staudinger* führten an einer Reihe von einzelnen Beispielen aus, daß auch die vorgeschlagene Einteilung manche Schwächen aufweise. Prof. *Stahlberg* hielt die 14 Gebiete als Verwaltungseinheiten für zu groß. Er glaubt, daß für die Aufgabe des vorgeschlagenen staatlichen Umbaus die erforderliche schöpferische Kraft nicht vorhanden sei, und daß unter diesen Umständen die vorhandenen großen und größeren Staaten besser bestehen blieben, während für die Zwergstaaten eine Zusammenfassung oder Angliederung nach der geschichtlichen Entwicklung möglich erscheine. Er sieht die Schuld am Zusammenbruch nicht im Partikularismus, sondern im Internationalismus. Herr *Graf* schlug vor, solche Gebiete, die in verkehrstechnischer Beziehung eine gewisse Einheit bilden, also zum Beispiel die Eisenbahndirektionsbezirke, als Grundlage zu nehmen. Prof. *Hofmeister* warnte davor, durch die Veröffentlichung derartiger Verteilungspläne in der gegenwärtigen Zeit unseren Feinden eine Handhabe zu bieten.

Die Versammlung am 15. Februar eröffnete der Vorsitzende Geheimrat *Penck* unter Hinweis auf eine **Ausstellung von Kriegskarten**, indem er bemerkte, daß die großartigen Leistungen des Heeres auf dem Gebiete des Kartenwesens während des Krieges nur wenig bekannt geworden seien. Zwei Behörden teilten sich in die Arbeit: Daheim war, wie in Friedenszeiten, die kartographische Abteilung der Landesaufnahme tätig, draußen im Felde wirkten die einzelnen Feldvermessungsabteilungen. Die kartographische Abteilung schuf namentlich Karten, die auf bereits vorliegenden deutschen Arbeiten beruhen, sowie solche für entlegene Kriegsschauplätze durch Verarbeitung der besten vorliegenden Quellen. Ihr danken wir sowohl die großen Übersichtskarten einzelner Kriegsschauplätze, die in den Handel gekommen sind, als auch eine nur für den Dienst bestimmte große Operationskarte. Sie schuf ferner Karten von Mesopotamien, Persien, Syrien und Palästina bis zum Sinai herab, von Finnland bis zur Murmanküste. Manche dieser Karten sind direkt nach fremden Vorlagen hergestellt worden, vielfach nach russischen Quellen, andere erreichten eine mühsame Neukonstruktion. Die Feldvermessungsabteilungen waren an den einzelnen Fronten tätig und unterstanden dabei der Leitung des Chefs des Feldvermessungswesens. Sie schufen Frontkarten teils auf dem Wege der üblichen topographischen Aufnahme in dem von uns besetzten Gebiete, teils auf photogrammetrischem Wege außerhalb desselben, sowie namentlich auf Grund von Fliegeraufnahmen. Selbstverständlich wurden auch die Karten der Feinde ausgiebig benutzt. Auf diesem Wege haben wir für den Norden und Osten Frankreichs vom Meere bis zur Schweizer Grenze, von Livland bis zur Ukraine herab, sowie für das südliche Mazedonien Frontkarten im Maßstabe 1:25 000 erhalten, auf Grund deren für besonders wichtige Gebiete Vergrößerungen auf

1:10 000, selbst auf 1:5000 hergestellt worden sind. Die meisten dieser Frontkarten stellen das Gelände durch Höhenlinien dar; einige heben das Relief durch Höhenschichtenkolorit und Schummerung besonders hervor, und es sind für einzelne Frontteile in Frankreich und im Elsaß sehr plastisch wirkende Karten geschaffen worden. Die Arbeit der Feldvermessungsabteilung ist um so höher zu schätzen, als vor dem Kriege das Feldvermessungswesen nur in geringem Umfange vorgesehen war und erst während des Krieges sich ausgestaltete, wobei sich wegen der Ungleichheit der Vorbildung von Landmessern und Ingenieuren namentlich in Preußen erhebliche Schwierigkeiten ergaben. Über 1000 verschiedene Frontkarten 1:25 000 sind hergestellt worden, und nicht schätzen läßt sich die Zahl der im Felde gedruckten Exemplare, die gewöhnlich für die Kampfhandlungen mit dem Aufdruck der beiderseitigen Stellungen versehen wurden. Von der Landesaufnahme ist bekannt, daß sie den Druck von 273 Millionen Blatt veranlaßte, wovon sie 150 bis 160 Millionen selbst druckte.

Den Lichtbildervortrag des Abends hielt Professor *W. Penck* (Leipzig) über seine **Reisen in der Puna von Argentinien**, jenem im äußersten Nordwesten des Landes zwischen den Ketten der Anden eingelagerten, größtenteils abflußlosen Hochlande, mit dessen geologischer Aufnahme er von der argentinischen Regierung beauftragt war. Ein auffallender Zug in der Gebirgsgestaltung dieses Teiles der Anden ist ihre Auflösung in einzelne Parallelketten, die nacheinander südwärts in den Ebenen Zentral-Argentiniens untertauchen und hier den Namen „pampine Sierren“ tragen, während sie sich nach Norden mit der Hauptkette des Gebirges am Westrand des Kontinentes zu dem Hochland der Puna de Atacama zusammenschließen. Die Gebirgsketten haben hier wie dort die gleiche Höhe zwischen 4000 und 5000 m, aber die Senken liegen in der Puna 2000 bis 3000 m höher als zwischen den pampinen Sierren und bilden Reihen von 3000 bis 4000 m hoch gelegenen abflußlosen Becken. Von seinem Standort, dem in 28° Süd gelegenen Tinogasta aus begann der Vortragende die Untersuchung des Südrandes der Puna im Oktober 1912. Bis April 1914 wurde ein Gebiet von 14 000 qkm geologisch aufgenommen und eine topographische Karte im Maßstabe 1:200 000 geschaffen. Auch einige Vulkanriesen, wie der Nevado Bonete (6400 m), Ojo de las Losas (6600 m) und Nevado San Francisco (6000 m) wurden bestiegen. Es zeigte sich, daß die Gliederung in Ketten und Senken das Ergebnis einer Großfaltung ist, die in mehreren Phasen seit dem unteren Tertiär bis heute andauert. Der Faltungsprozeß betraf die pampinen Sierren und die Puna in gleicher Weise, aber die letztere verhielt sich den gebirgsbildenden Kräften gegenüber als starre, schwer faltbare Scholle, so daß hier die Höhenunterschiede nicht dasselbe Ausmaß erreichen konnten, wie in den pampinen Sierren. Auf den Ketten erzeugte die Abtragung der Reihe nach verschiedene Landschaftsformen, die jedoch wegen der extremen Trockenheit des Klimas trotz ihres zum Teil hohen Alters noch nicht wieder zerstört werden konnten. Die Abtragung ist auf die Gebirgsketten selbst beschränkt. In den Bolsenen, wie man die Senken zwischen den pampinen Sierren nennt, herrscht die Form der Aufschüttung. Hier finden sich Ablagerungen kontinentaler Entstehung von großer Mächtigkeit.

Das älteste Formelement am Punarande ist eine vollkommen ebene Rumpffläche, in welche später in-

folge einer Neubelebung der Erosion das Einschneiden von Tälern erfolgte. Die tiefsten Stellen der Puna-becken werden häufig durch Salzseen eingenommen. Von den Vulkanen in der Puna trugen die älteren in der Eiszeit kleinere Gletscher und haben ihre ursprüngliche Form bereits eingebüßt, während die jüngeren ihre Kegelgestalt besser bewahrt haben. Ihre Höhe übersteigt meist 6600 m. Heute ist die vulkanische Tätigkeit erloschen. Charaktergebend für die Puna ist die außerordentlich starke Entwicklung des Gebirgsschuttes, der Berg wie Tal überzieht und alle Formen rundet. Die Zertrümmerung des Gesteins durch die starke Sonnenstrahlung und die große Trockenheit des Klimas begünstigen die Schuttanhäufung, denn fließendes Wasser, das den Schutt abräumen könnte, fehlt fast völlig. Da die sommerlichen Ostwinde die einzigen Regenbringer sind, so ist die östliche Puna wesentlich niederschlagsreicher, und statt des Schuttes findet man hier nackte, blockübersäte Felsflächen. Eine besonders auffällige Erscheinung der Westpuna sind die Schuttströme, in denen das Trümmermaterial bei seinem langsamen Kriechen talabwärts durch die Verwitterung immer weiter zerkleinert wird und sich in den Tälern schließlich als Sand und Staub ablagert. Der sandbeladene Wind wirkt zum Teil glättend auf das Gestein, andererseits aber schafft er auch karrenähnliche Formen. Eine gleichfalls durch den Wind geschaffene Oberflächenform stellt die kiesgepanzerter Flugsandfläche dar.

O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ein Helligkeitsmaß (Echelle de Clarté) und Bemerkungen über das Sehen bei schwacher Beleuchtung. (M. Tscherning, Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab Mathematisk-fysiske, Meddelelser I, 10, 1918. 3 Abbildungen und 3 Tafeln. Sonderdruck 29 S. 8°.) Ausgehend von den bekannten, durch mehrfache Spiegelung in einem Prisma mit kleinem brechenden Winkel entstehenden Nebenbildern werden kurz die zur Berechnung der Helligkeit nach einer und nach mehreren Spiegelungen bei gegebenem Einfallswinkel dienenden Fresnelschen Formeln besprochen. Nach Erwähnung des Fechnerschen Gesetzes, das die Proportionalität zwischen dem Logarithmus der Intensität des auffallenden Lichtes und der Empfindungsstärke ausspricht, wird vorgeschlagen, die Helligkeit eines Gegenstandes dadurch zu messen, daß bestimmt wird, auf den wievielten Teil man diese Helligkeit verkleinern muß, damit der Gegenstand gerade aufhört, sichtbar zu sein. Als Einheit bei der Messung dient also diese kleinste Helligkeit — „die physiologische Einheit“. Der dekadische Logarithmus der so erhaltenen Zahl wird Helligkeitsgrad (degré de clarté) genannt. Demnach entsprechen beispielsweise 1000 physiologische Einheiten einem Helligkeitsgrad 3.

Um nur jeweils eines der durch eine gerade Anzahl von Spiegelungen entstehenden Nebenbilder sichtbar zu machen, wird vorgeschlagen, statt eines Prismas mit kleinem brechenden Winkel eine Verbindung von zwei zueinander parallelen Spiegelglasstreifen zu verwenden, deren gegenseitiger Abstand derart verändert werden kann, daß je nach dem gewünschten Grade der Herabsetzung der Helligkeit der zu untersuchenden Lichtquelle (bzw. der beleuchteten Fläche) das Lichtstrahlenbündel nach zwei, vier oder mehr Spiegelungen ins Auge gelangt. Es stellt sich heraus,

daß bei unverändertem seitlichen Abstände zwischen Auge und Lichtquelle das durch eine solche gerade Anzahl von Spiegelungen erzeugte Bild der Lichtquelle bei Änderung des Abstandes der beiden spiegelnden Flächen an derselben Stelle bleibt. (Die Außenflächen dieser Spiegelglasstreifen sind zur Vermeidung von weiteren Spiegelungen geschwärzt.) Zur Gewinnung von Zwischenwerten für das Helligkeitsmaß wird die ganze Anordnung um den ersten Einfallspunkt auf der ersten Spiegelfläche gedreht. Nach den auf mehrfache Spiegelung angewandten Fresnelschen Reflexionsformeln kann für alle möglichen Abstände und für alle möglichen Neigungen zwischen dem Lichtstrahl und der Spiegelnormalen der Helligkeitsgrad auf Skalen ein für allemal angegeben werden, wobei die erste Skala dem durch zwei Spiegelungen entstehenden Bild, die zweite Skala dem durch vier Spiegelungen entstehenden Bild usw. entspricht. Zur Erzielung von einigermaßen unveränderlichen Meßergebnissen bei einer solchen auf die physiologische Einheit gegründeten Helligkeitsmessung wird nach einem bestimmten Plane verfahren: Die Messungen werden erst vorgenommen, nachdem sich der Beobachter eine halbe Stunde in dem gleichmäßig künstlich beleuchteten Beobachtungsraum aufgehalten hat. Die Beleuchtung des Beobachtungsraumes wird dann ausgeschaltet und hierauf sofort die Messung vorgenommen. Ist die Messung nicht schnell genug ausgeführt, dann wird die künstliche Beleuchtung wieder eingeschaltet und nach einigen Minuten wieder ausgeschaltet zwecks Wiederholung der Messung.

Der senkrechte Spalt, durch den das Lichtstrahlenbündel in den Beobachtungsraum fiel, hatte eine Höhe von 6 cm und eine Breite von 1 cm. Da sich der Abstand des Spaltbildes dem Auge innerhalb der Grenzen 51 cm und 41 cm (bei Tscherning steht wohl infolge eines Druckfehlers 51 mm und 41 mm) infolge Veränderung des Augenortes bewegte, war die mittlere Winkelausdehnung des Spaltbildes $1,2^\circ \times 7,2^\circ$, übertraf also der Höhe nach die im Winkelmaß gemessene Ausdehnung der Netzhautgrube (centre du champ visuel), die bekanntlich bei geringer Helligkeit gegenüber dem übrigen Teil des Gesichtsfeldes dunkel erscheint.

Es wird dann als Beziehung zwischen der in der Astronomie üblichen Größenklasse m eines Sternes und dem Tscherningschen Helligkeitsgrad c die Formel gegeben:

$$c = 2,53 - m \cdot 0,4.$$

Für einen Stern der 6. Größenklasse ist demnach $c = 0,13$; er entspricht also ungefähr der physiologischen Einheit ($c = 0$). Für die Sonne würde aus $m = -26,6$ $c = 13,2$ folgen. Gemessen wurde für die Sonne $c = 11$. Sodann werden Tabellen gegeben für den Helligkeitsgrad einer weißen Papierfläche, die durch eine Kerze oder mehrere Kerzen der Reihe nach aus verschiedenen Entfernungen beleuchtet wird, und für die durch verschiedene irdische Lichtquellen erzeugte Helligkeit.

Hierauf wird der Zusammenhang zwischen der an den Snellenschen Sehschärfeprüfungen festgestellten Sehschärfe und der Beleuchtungsstärke besprochen im Anschluß an die Messungen des Assistenten Tschernings, Kioelby; es ergab sich, daß eine Beleuchtungsstärke von ungefähr 12 Meterkerzen ($c = 4,4$) nötig ist, damit volle Sehschärfe erreicht wird.

Zur genaueren Untersuchung der vorhin erwähnten Unterschiede zwischen der Einwirkung der Lichtstrahlen auf die Netzhautgrube und der Einwirkung auf

die Randteile der Netzhaut wird der vorhin genannte Spalt abgeblendet auf 25 mm Höhe und 6 mm Breite bei nachheriger spektraler Zerlegung des Lichtes. So ergab sich, daß bei genügend kräftiger Beleuchtung das Spektrum in seiner ganzen Ausdehnung und in den gewöhnlichen Farben sichtbar ist, sowohl in der Netzhautgrube als auch in einem großen Teile des Gesichtsfeldes. (Die Randteile des Gesichtsfeldes sind vorläufig nicht berücksichtigt worden.) Sobald die Beleuchtung genügend abgenommen hatte, verschwanden in der Netzhautgrube das Blau und schließlich bei weiterer Herabsetzung der Beleuchtungsstärke auch die anderen Farben. Dabei wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bei längerem Verweilen in der Dunkelheit sehr wohl Spektralfarben sichtbar werden, die man im ersten Augenblicke nicht mehr sah — also Dunkeladaptation für die Farben!

Nach Angabe einiger weiterer einfacher Beweise für die teilweise Farbenblindheit der Netzhautgrube für Blau (bei geringer Beleuchtungsstärke) wird ausgeführt, daß der Ausdruck Adaptation des Auges schlecht gewählt erscheine, und daß man besser von einem ausgeruhten Auge sprechen sollte, daß man ferner nicht den Stäbchen allein Adaptationsfähigkeit beilegen sollte, und daß nicht nur die Stäbchen die Organe seien, mit denen wir den blauen Teil des Spektrums sehen.

Diese Erscheinungen werden teilweise mit der Gelbfärbung der Macula erklärt. Tschernings Ansicht steht im Gegensatz zu der vieler Ophthalmologen, welche den gelben Fleck nur als Leichenerscheinung bezeichnen.

Auf weitere von Tscherning besprochene Zusammenhänge mit dem Purkinjeschen Phänomen und der Youngschen Theorie einzugehen, würde hier zu weit führen. Es wurde überdies in Aussicht gestellt, später genauer auf das Verhalten einer kleinen Stelle in der Mitte der Netzhautgrube zurückzukommen und erwähnt, daß man benötigt sei, die drei verschiedenen Young-Helmholtzschen Sehkörper als in den Zapfen vorhanden anzunehmen. Ferner wurde noch die Frage aufgeworfen, ob wirklich die Stäbchen perzeptive Organe sind, ohne daß der Zeitpunkt zur Entscheidung dieser Frage für geeignet erachtet wurde.

Es wäre sehr zu begrüßen, wenn die Tscherningschen Versuche von ihm oder von anderer Seite wiederholt würden unter klaren Versuchsbedingungen, bei denen insbesondere die Albedo des verwendeten weißen Papiers ausgeschaltet wird, indem eine optische Anordnung mit Linsensystemen in Verbindung mit dem von Tscherning angegebenen verstellbaren Spiegelpaar benutzt wird. Der Berichterstatter möchte ferner darauf hinweisen, daß der von Tscherning verwendete Grundsatz der Lichtschwächung durch mehrfache Spiegelung an parallelen Flächen bei gleicher Richtung zwischen ein- und austretendem Strahl beispielsweise schon in dem von S. Merz 1876 angegebenen Helioskop-Okular verwendet wurde. Zur beliebigen Schwächung des Lichtes dreht Merz die beiden letzten Spiegel miteinander gegenüber den beiden ersten Spiegeln um den zwischen diesen Spiegelpaaren verlaufenden Strahl, während bei Tscherning durch Verkleinerung des Abstandes zwischen den beiden mehrfach wirkenden Spiegeln nach und nach eine größere Anzahl von Spiegelungen ermöglicht wird. Bei Merz war der Einfallswinkel gleich dem Polarisationswinkel (ungefähr 55°), bei einer anderen Merzschen Ausführung 45°, so daß keine vollständige Polarisation möglich war. (Siehe L. Ambrom, Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde Bd. I, S. 363, Verlag von Julius Springer, Berlin 1899; ferner den Abschnitt „Helioskopische

Okulare“ in dem Buche von P. A. Secchi „Die Sonne“, deutsche Ausgabe von H. Schellen, Druck und Verlag von George Westermann, Braunschweig 1872, S. 30 bis 37, besonders S. 35 und 36.) Bei der Untersuchung polarisierten Lichtes mittels der Tscherningschen Anordnung sind besondere Vorsichtsmaßregeln bei der Messung nötig.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß es sehr wahrscheinlich ist, daß die Tscherningsche physiologische Einheit bei verschiedenen Beobachtern verschiedene Werte hat, und daß es aus diesem Grunde nicht gerade empfehlenswert ist, zur Messung von physikalischen Größen — der spezifischen Intensität und der Beleuchtungsstärke — eine Größe als Einheit zu wählen, deren Wert mindestens unsicher ist.

H. Erfle, Jena.

Ein erweitertes Verfahren zur Berechnung der Strömung um Tragflügelquerschnitte. Die Entwicklung der Probleme, die für die Theorie des Fluges von Bedeutung sind, wurde in hohem Grade durch den befruchtenden Einfluß gefördert, der von seiten der praktischen Flugtechnik ausgeht wurde. Mit den zunehmenden flugtechnischen Erfolgen wurde eine Reihe von Fragen aktuell, die bisher nur von geringerer Bedeutung erschienen, und es mehrten sich dadurch die Versuche, diese Fragen der theoretischen Lösung entgegenzuführen. Von der erheblichen Anzahl von Erfolgen, die hier auf Seiten der Theorie zu buchen sind, mag hier ein bemerkenswerter Fortschritt erwähnt werden, der sich auf die Berechnung der Strömung um praktisch verwertbare Tragflügelquerschnitte bezieht und der in der letzten Zeit durch eine Arbeit von v. Kármán und Trefftz (Zeitschr. f. Flugt. u. Motorl. 1918, S. 111) erreicht worden ist. Es handelt sich hier darum, das

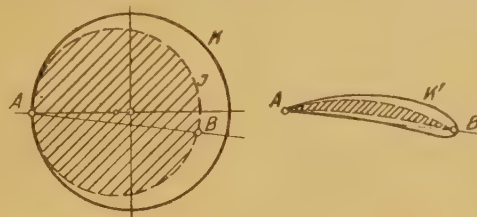


Fig. 1.

Geschwindigkeitsfeld der Strömung um Flügelquerschnitte zu berechnen, wie sie praktisch im Flugzeugbau verwendet werden. Hieraus lassen sich dann die zunächst wissenswerten Größen, nämlich Druckverteilung, Druckmittelpunkt und Auftrieb ermitteln. Zur Bestimmung der Strömung um irgend einen Querschnitt geht man von der seit längerer Zeit bekannten Strömung mit Zirkulation um einen unendlich langen Zylinder aus. Eine solche Strömung entsteht durch Überlagerung einer Parallelströmung mit einer kreisförmigen Strömung, wobei letztere dadurch charakterisiert ist, daß die Größe der Drehgeschwindigkeit umgekehrt proportional dem Abstand vom Zentrum ist. Mit Hilfe der konformen Abbildung wird diese Strömung so abgebildet, daß der Zylinder in einen Tragflächenquerschnitt von der gewünschten Form übergeht. Betrachten wir die Vorgänge in einem Schnitt durch den Zylinder senkrecht zur Zylinderachse, so besteht das angegebene Verfahren darin, daß der dem Schnitt durch den Zylinder entsprechende schraffierte Kreis J (Fig. 1) auf ein Kreisbogenzweieck abgebildet wird, so daß die Punkte A und B einander entsprechen. Ein um diesen Kreis gelegter zweiter Kreis K, der durch den Punkt A geht, wird dann in eine flügel-

ähnliche Kontur K' übergeführt. Die Strömung um den Zylinder K ist, wie erwähnt, bekannt. Durch die Abbildungsfunktion ist der Zusammenhang zwischen ursprünglicher und abgebildeter Strömung in mathematischer Form gegeben und es lassen sich daher die in Betracht kommenden Größen — Druckverteilung, Druckmittelpunkt und Auftrieb — nunmehr ermitteln. Durch Variation des Poles B auf den Umfang des Kreises J sowie durch Veränderung eines in der Abbildungsfunktion auftretenden Parameters läßt sich eine große Mannigfaltigkeit in der Dicke und Wölbung der Profile erreichen.

Ein Vorteil der Flügelquerschnitte, die nach dem beschriebenen Verfahren erhalten werden, gegenüber der Joukowskyschen Abbildung, bei welcher der Kreis J auf einen einfachen Kreisbogen abgebildet wird, ist darin zu erblicken, daß sich hier an der Hinterkante je eine Tangente an den oberen und unteren Bogen ergibt, die einen beliebigen Winkel einschließen, während bei den Joukowskyschen Profilen diese Tangenten in eine einzige zusammenfallen, das Profil also in einer sehr feinen Spitze ausläuft. Durch die vorliegende Abbildung werden also gewissermaßen die beiden hinteren Tangenten des Profils zu einem beliebigen Winkel auseinander gespreizt. Dadurch ergeben sich Profile, die flugtechnisch von größerer Wichtigkeit sind, und zwar deswegen, weil sie gegen die Hinterkante zu größere Dicke besitzen. Letzteres ist aus konstruktiven Gründen mit Rücksicht auf die Unterbringung des Hinterholmes von Wichtigkeit.
C. W.

Mikrokinematographie zur Beobachtung der Materialabnutzung. Der *Scientific American* berichtet über einen mikro-photographisch aufgenommenen Kinetographenfilm, der die kontinuierlichen Veränderungen eines Metalles wiedergibt. Wird ein Metall, wie Schmiedeeisen oder Stahl, durch dauerndes Hin- und Herbiegen oder durch dauernd wiederholte Stöße oder dergleichen beansprucht, so nutzt es sich allmählich ab, wird schwächer und bricht schließlich. Alle derartigen Metalle sind aus dicht beieinanderliegenden Kriställchen aufgebaut. Das Hin- und Herbiegen verschiebt die Kristalle gegeneinander und veranlaßt die Schwächung, der Film gibt die aufeinanderfolgenden Veränderungen in dem Kristallgefüge wieder. — Das betreffende Metallstück war in eine Biegemaschine gebracht worden, und zwar so, daß man das Mikroskop gerade auf eine stark beanspruchte Stelle einstellen konnte. Die mit dem Mikroskop verbundene Kinkamera konnte ungefähr $\frac{3}{100}$ eines Quadratzolles (?) des Eisenstückes aufnehmen. Nach dem Bericht gab der Film jede kleine Veränderung in der Kristallstruktur genau wieder, bis das Stück zerbrach. Die Bildung von neuen Sprüngen oder Linien, denen entlang eine Schwächung eintrat, das allmähliche Fortschreiten alter Sprünge waren deutlich sichtbar. Der Bericht fügt hinzu, daß derartige Untersuchungen geeignet seien, Aufschluß darüber zu geben, ob ein Material z. B. erst 30 % oder schon 90 % seiner nutzbaren Lebensdauer hinter sich hat. Sind die charakteristischen Merkmale, die nur die Erfahrung kennen lehren kann, deutlich genug, dann kann man eine bestimmte Stelle eines im Betriebe befindlichen Kabels anschleifen und mit dem Mikroskop von Zeit zu Zeit feststellen, ob dieser Querschnitt Anzeichen eines Versagens erkennen läßt. Derartige Beobachtungen wür-

den sich auf vorherige Filmbeobachtungen desselben Materiales gründen müssen. Der leitende Gedanke ist, daß das Versagen allmählich vor sich geht, daß es mit dem Augenblick anfängt, in dem das Metallstück in Gebrauch genommen wird, und in dem Augenblick endet, in dem es endgültig versagt.

Die Oxydation des Kohlenoxyds in Gegenwart von kolloidalem Platin, Iridium und Osmium. Seine Mitteilungen über die katalytische Wirkung kolloidaler Metalle der Platingruppe fortführend, berichtet C. Paal über schon längere Zeit zurückliegende Untersuchungen über die Oxydation von Kohlenoxyd bei Gegenwart von gasförmigem Sauerstoff und kolloidalem Platin, Iridium und Osmium, das nach der Methode von Paal und Amberger dargestellt war. Während in einem Gemisch aus 2 Vol. Kohlenoxyd und 1 Vol. reinem Sauerstoff in Berührung mit Platinschwartz, das durch Reduktion einer alkalischen Platinchloridlösung gewonnen war, selbst nach Verlauf von vier Wochen keine Oxydation vor sich ging (im Gegensatz zu früheren Versuchen von E. von Meyer sowie von Mond, Ramsay und Shields), trat bei Verwehdung der genannten kolloidalen Metalle eine lebhaftere Kohlen-säurebildung ein, die höchstwahrscheinlich auf unmittelbare Übertragung des von den Hydrosolen aufgenommenen gasförmigen Sauerstoffs auf das Kohlenoxyd zurückzuführen ist. Die verwendeten Katalysatoren enthielten jeweils 70—80 % protalbinsaures Natrium als Schutzkolloid, weshalb durch einen besonderen Versuch dessen event. Einwirkung auf die Löslichkeit von Kohlensäure in Wasser bestimmt wurde; der Absorptionskoeffizient der Kohlensäure in verdünnter wässriger Lösung von protalbinsaurem Natrium war jedoch nahezu gleich groß wie in reinem Wasser. Die Oxydationsversuche wurden zunächst in einer mit Quecksilber gefüllten Gasbürette ausgeführt, in die ein Gemisch von 48 ccm Kohlenoxyd und 24 ccm Sauerstoff sowie eine wässrige Lösung von 0,25 g kolloidalem Platinpräparat (= 0,05 g Platin) eingebracht wurde. Die Volumenabnahme des Gasgemisches erfolgte anfangs rasch, dann immer langsamer und erst nach 74 Stunden war das Volumen konstant. Die Untersuchung des Restgases ergab, daß die Hälfte des angewandten Kohlenoxyds zu Kohlensäure oxydiert worden war. Bei einem entsprechenden Versuch mit gleichen Raumteilen Kohlenoxyd und Sauerstoff, aber mit kolloidalem Iridium als Katalysator, verlief die Oxydation noch langsamer als mit Platinhydrosol. Ein weiterer Versuch in einem größeren Schüttelgefäß hatte dasselbe Ergebnis; auch bei Anwendung von 100 mm Überdruck und Erwärmung auf 50—60 ° C ging die Oxydation verhältnismäßig langsam vor sich. In gleicher Weise wurde schließlich die Einwirkung von kolloidalem Osmium und zwar von Osmiumtetrahydroxyd wie auch von elementarem Osmium auf Gemische von Kohlenoxyd und Sauerstoff untersucht, doch zeigte nur das elementare Osmium eine katalytische Wirkung von Belang. Hierbei trat erst nach 115 Std. Volumkonstanz ein, das Restgas enthielt noch etwas mehr als die Hälfte des angewandten Kohlenoxyds. Ein Überschuß von Sauerstoff beschleunigte die Reaktion ebenso wenig wie die Anwendung der doppelten Menge kolloidalen Osmiums. Die Oxydationsgeschwindigkeit ist also von der Konzentration des Kohlenoxyds in höherem Maße abhängig als von der des Sauerstoffs. (Berichte Dt. Chem. Gesellsch. Bd. 49, S. 548—560.) S.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 14.

4. April 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Über erbliche Ursachen eines frühzeitigen Todes.
Von Prof. Dr. Hugo de Vries, Lunteren. S. 217.

Beilsteins Handbuch der organischen Chemie, ein Spiegel ihrer Entwicklung. Von Prof. Dr. P. Jacobson, Berlin. S. 222.

Die Frage der Doppelinnervation der willkürlichen Muskeln. Von Prof. Dr. A. Pütter, Bonn. S. 225.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein): Die Wetterberatung vom Standpunkt des Fliegers. S. 228.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:
Zu Ruzickas Lehre vom morphologischen Meta-

bolismus. Über die obere Hörgrenze. Die Solarkonstanten-Expedition der Smithsonian-Institution nach Calama in Chile. S. 229–230.

Chemische Mitteilungen:

Beiträge zur Anwendung des Chlors bei der Desinfektion von Wasser und Abwasser. Die Entwicklung der Gasfernversorgung. Über den Karbolsäuregehalt deutscher Steinkohlenteere. Wohlfeiler Platindraht-Ersatz zur Erzeugung von Flammenfärbungen. S. 230–231.

Astronomische Mitteilungen:

Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Zur Stellarstatistik. S. 232.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

**Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren**

**Mikrophotographische und
Projektionsapparate**

**Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.**

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 28 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40 60 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Prof. Dr. Hugo Krüss,
Hamburg 11.

Zu Kaufen gesucht Jahrgang 1 mit 6 der
Naturwissenschaften.

Angebote mit Angabe, ob gebunden, erbeten an
H. Geigel, Würzburg, Friedenstr. 3. (150)

Die großen Handbücher



von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. **zur Erleichterung der Anschaffung** gegen bequeme Monats- oder Quartalsraten ohne Preisaufschlag von

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Für den biolog. Unterricht

Mikroskop, Präparate und Diapositive über Befruchtung, Reifung und Furchung des Eies von *Ascaris megaloc.* (Pferdespulwurm). Ein Präparat oder Diapositiv M. 2.—

Dr. med. Gaudlitz, Aue (Erzgeb.)

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Fluglehre

Vorträge über Theorie und Berechnung der Flugzeuge in elementarer Darstellung

Von **Dr. Richard von Mises**

Professor an der Universität Straßburg i. E.

Mit 113 Textabbildungen — Preis M. 8.—*

*Hierzu 10 % Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

4. April 1919.

Heft 14.

Über erbliche Ursachen eines frühzeitigen Todes.

Von Prof. Hugo de Vries, Lunteren (Holland).

Im Pflanzenreich tritt ein frühzeitiger Tod oft dadurch ein, daß die Samenlappen der Keimpflanzen weiß oder gelb bleiben, anstatt zu ergrünen. Sie bilden dann entweder gar kein Chlorophyll aus oder doch so wenig, daß sie ihre ersten Blätter nicht entfalten können. Nach einer verhältnismäßig kurzen Zeit gehen sie ohne weitere Entwicklung zugrunde. Man beobachtet diese Erscheinung sowohl auf den Äckern unserer Getreidearten, als auch bei wildwachsenden Pflanzen, namentlich aber, wenn in Gärten die Arten zu Hunderten ausgesät werden. Nicht selten erreichen die bleichen Keime bis zu ca. 2 % der ganzen Saat.

Aus Samen bunter Pflanzen ist die Erscheinung weniger selten, und auch nach Bastardierungen beobachtet man sie mehrfach. Diese Fälle wollen wir aber von unserer Betrachtung ausschließen; sie erinnern an die weißblättrigen Schöblinge unserer bunten Geranien und Kastanien usw., welche auf vegetativem Wege entstehen. Ebenso wollen wir die goldblättrigen Varietäten oder Aureaformen, wie beim Hollunder und der Ulme, außer Betracht lassen, da sie trotz des geringen Gehalts an Chlorophyll dennoch die volle Entwicklung der Pflanzen gestatten.

Wir beschränken uns somit auf die weißen und gelben Keimlinge grüner Pflanzen, welche absterben, ohne einen Stengel und Blätter hervorzubringen. Sie bilden eine erbliche Eigentümlichkeit, welche bei gewissen Arten und Rassen vorkommt, bei anderen aber fehlt. So fand ich sie nicht beim Hanf und beim Bingelkraut, trotz wiederholter, sehr ausgedehnter Kulturen. Wo sie vorkommen, werden sie von einigen Individuen der Rasse erzeugt, von anderen aber nicht, aber bei richtiger Auswahl der Samenträger wiederholt sich die Erscheinung im Lauf der Jahre. So findet man, in unserer Gegend, vom gemeinen Frauenflachs (*Linaria vulgaris*) nicht selten Pflanzen mit gelben und grünen Keimlingen, aber daneben auch solche mit ausschließlich grünen. Wählt man in den ersten Kulturen einige grüne Individuen aus, und sät man deren Samen getrennt, so erhält man wiederum gelbe und grüne Keime. Von einer Art Mohn (*Papaver rupifragum*) ließ ich eine Pflanze völlig isoliert blühen und zählte in ihren Samen 6 % gelbe Keime. Ich pflanzte dann eine Anzahl der grünen aus, ließ sie blühen und Früchte bilden und erntete die

Samen von jedem Individuum getrennt. Etwa die Hälfte der Pflanzen lieferte wiederum gelbe Keime, und zwar bis zu 20—30 %, während die andere Hälfte der Individuen ausschließlich grüne Kinder hervorbrachte.

Um sich über den Gehalt der Ernten an früh absterbenden Keimen eine Vorstellung zu machen, muß man aus den betreffenden Rassen grüne Individuen isolieren und womöglich isoliert blühen lassen. Einige Arten setzen auf einzeln blühenden Exemplaren keine Samen an, die meisten aber sind auch dann fruchtbar. So erhielt ich die folgenden Prozentsätze an gelben oder weißen Keimen:

Antirrhinum majus	bis zu 6 %
Clarkia pulchella	„ „ 13 %
Papaver Rhoeas	„ „ 30 %
Papaver rupifragum	„ „ 30 %
Polygonum Fagopyrum	„ „ 12 %
Scrophularia nodosa	„ „ 15 %
Trifolium incarnatum	„ „ 6 %
Chrysanthemum segetum	„ „ 13 %
Linaria vulgaris	„ „ 25 %
Trifolium pratense	„ „ 13 %

Daneben kommen Individuen mit geringerem Gehalte, bis zu 1—2 % herab, vor, und dieses auch dann, wenn die Isolierung eine vollständige war. Betrachtet man diese Zahlen, so sieht man, daß sie sich nach oben an eine Grenze von etwa 25—30 % annähern. Dasselbe beobachtet man auch bei wiederholten Kulturen. Aus einer im Freien eingesammelten Samenprobe vom Frauenflachs, welche 6 % gelbe Keime enthielt, erzog ich fünf rein grüne Pflanzen, von denen vier je 15—22—26 und 28 % gelber Keime lieferten, während das fünfte nur grüne Kinder hatte.

Aus den mitgeteilten Tatsachen ergibt sich, daß es eine Ursache geben muß, welche das Ergrünen der Samenlappen verhindert, und welche in gewissen grünen Rassen erblich ist. Hier haben wir somit einen sehr einfachen Fall einer erblichen Ursache eines frühzeitigen Todes. Offenbar ist diese Ursache keine einheitliche und nicht überall dieselbe. Denn es gibt einerseits rein weiße und andererseits rein gelbe Keime. In den ersteren fehlt jeder Farbstoff, in den letzteren nur der grüne Bestandteil des Chlorophyllgemenges. Rein weiße Keime findet man z. B. beim Buchweizen, bei den Getreidearten, und sehr klare Beispiele fand ich bei der großblütigen Brunelle und bei der klebrigen Saatwucherblume (*Chrysanthemum viscosum*). Diesen gegenüber sind gelbe Keime verhältnismäßig häufig. Da das Ergrünen eine normale Eigenschaft ist,

welche in diesen abweichenden Keimen fehlt, kann man die Erscheinung auch so auffassen, daß man sagt, daß in den bleichen Keimen eine für das normale Leben unerläßliche Eigenschaft unwirksam geworden ist.

Vergleichen wir nun die Farbe der Keimpflanzen mit den Farben der Blüten. Hier liefert die Unwirksamkeit der farbenbildenden Ursachen die weißblütigen Varietäten. Hier, wie bei den Keimlingen, können die Farben mehr oder weniger zusammengesetzt sein und kann bald jener, bald ein anderer Faktor unwirksam werden. So können aus blaublütigen Arten weiße oder rote Varietäten hervorgehen usw. Für unsere Vergleichung ist aber namentlich das Verhalten solcher Blütenvarietäten bei Kreuzungen mit ihren Arten wesentlich. Sie pflegen dabei sich dem Mendelschen Gesetze für die Monohybriden zu fügen und somit in der ersten Generation die Farbe der Art zur Schau zu tragen, aber in der zweiten eine Spaltung aufzuweisen, bei der etwa ein Viertel der Individuen das Merkmal der Varietät, falls dieses ein einheitliches war, aufweist. Die gelben und weißen Keimlinge pflegen nun, wie wir gesehen haben, gleichfalls in Prozentsätzen aufzutreten, welche sich an 25 % oder ein Viertel der Ernte annähern, und wir gelangen somit zu der Vorstellung, daß sie in ähnlicher Weise hervorgebracht werden.

Allerdings kann es sich hier nicht um Bastardierungen handeln, und zwar aus dem einfachen Grunde, daß die gelben und weißen Keimlinge nie blühen. Dieser Umstand vereinfacht die theoretischen Anschauungen für diesen Fall sehr wesentlich, da eine Reihe von Möglichkeiten und Zweifeln ohne weiteres ausgeschlossen werden. Die Frage, ob durch Kreuzungen vorhandener Rassen nicht nur neue Kombinationen von Merkmalen, sondern auch neue einheitliche Faktoren hervorgebracht werden können, lassen wir außer Betracht, denn die meisten fraglichen Arten, wie z. B. der Frauenflachs, sind so weit von ihren nächsten Verwandten entfernt, daß jeder Gedanke an Bastardierung von vornherein ausgeschlossen ist.

Wir müssen die Erklärung somit auf ganz anderem Wege suchen. Auf Grund der neueren Erfahrungen mit anderen Merkmalen nehmen wir an, daß die erblichen Träger der sichtbaren Eigenschaften bisweilen unwirksam werden können, und daß solches in der Regel vor der Befruchtung stattfindet. Findet dieses in bezug auf die Farbstoffe der Keimpflanzen innerhalb einer reinen Art oder in Kulturen innerhalb einer sogenannten reinen Linie statt, so ist die Aussicht, daß zwei gleichsinnig umgewandelte Keimzellen bei der Befruchtung zusammentreffen werden, offenbar eine geringe. Die Kombination würde sofort einen weißen oder gelben Keimling liefern, und da solche Mutationen sich in der Regel im Laufe der Generationen wiederholen, würde man erwarten müssen, daß die grüne Rasse von Zeit

zu Zeit solche bleichen Keime erzeugen würde. Die Erscheinung würde eine verhältnismäßig seltene sein, und manche Fälle, wo regelmäßig, aber sehr selten, solche Keimlinge beobachtet werden, dürften in dieser Weise zu erklären sein.

Viel größer ist offenbar die Aussicht, daß eine derart mutierte Keimzelle bei der Befruchtung mit einer normalen verbunden werden wird. Dann liegt die wesentlichste Bedingung für eine Befolgung des Mendelschen Gesetzes vor, und wir dürfen somit erwarten, daß die Folgen der Befruchtungen sich genau so verhalten werden, wie im Falle künstlicher Kreuzungen. Das Mendelsche Gesetz ist ja weiter nichts als die Anwendung der Wahrscheinlichkeitslehre auf die Folgen von Befruchtungen; es lehrt uns die Kombinationen berechnen, welche dabei eintreten können. Woher die ungleichen Sexualzellen stammen, welche den Ausgangspunkt liefern, ist für die Berechnung gleichgültig. Sie mögen von verschiedenen Rassen oder Arten herkommen oder innerhalb derselben reinen Linie entstanden sein; dieses hat offenbar keinen Einfluß auf die Kombinationen, welche nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung aus solchen Verbindungen hervorgehen können. Oder mit anderen Worten, es gilt dasselbe Gesetz für reine Befruchtungen und für Bastardierungen, d. h. daß die Mendelschen Regeln nicht nur für die letzteren gelten, sondern auch auf die ersteren angewandt werden dürfen. Aber die prinzipielle Differenz zwischen beiden Typen sollte dabei nie aus dem Auge verloren werden.

Kehren wir zu unserem speziellen Falle zurück. Wir nehmen somit an, daß innerhalb einer rein grünen Rasse einmal eine Sexualzelle derart umgewandelt wird, daß ihr erblicher Faktor für die Bildung eines Teiles der grünen Farbstoffe unwirksam wird. Bei der Befruchtung trete diese Zelle mit einer normalen zusammen. In dem daraus entstehenden Individuum wird der Einfluß der normalen Keimhälfte voraussichtlich derart überwiegen, daß die Pflanze in der gewöhnlichen Weise ergrünt. Aber wenn sie blüht und Sexualzellen hervorbringt, werden sich die beiden elterlichen Typen trennen, und sowohl von den Eizellen wie von den Pollenkörnern wird die eine Hälfte den aktiven und die andere den inaktiven Faktor für das Ergrünen erhalten. Bei der Selbstbefruchtung sind nun bekanntlich drei Fälle möglich. Wenn zwei Sexualzellen mit dem inaktiven Faktor sich befruchten, wird der Keim bleich, wenn zwei mit dem aktiven Faktor zusammenkommen, muß der Keimling aber ergrünen. Dasselbe tritt ein, wenn zwei ungleiche Sexualzellen verbunden werden. Dann aber wird die Pflanze zwar grün, behält aber das Vermögen, die Spaltung bei der Bildung ihrer Sexualzellen zu wiederholen. Von den drei genannten Gruppen umfassen bekanntlich, und wie sich leicht berechnen läßt, die beiden ersteren je ein Viertel, die letzte aber die Hälfte der Keimpflanzen. Die gelben Keime sterben, in den Nachkommen

der grünen sieht man die Trennung nicht, die gemischten werden aber die Spaltung in derselben Weise wiederholen.

Genau so werden sich die folgenden Generationen verhalten, und wenn man die einheitlich grünen Exemplare außer Betracht läßt, erhält man somit eine Rasse, welche dauernd, aus isolierten Individuen, etwa 25 % gelber oder weißer Keime erzeugen wird. Findet man somit zufällig ein Individuum mit solcher Nachkommenschaft, so deutet dieses auf die Existenz einer solchen Rasse hin. Wie alt diese letztere ist, läßt sich zwar nicht mehr ermitteln. Für *Linaria vulgaris* beobachtete ich sie vor etwa 20 Jahren in Holland, und auch jetzt noch wächst sie hier im Freien. Und so mag es auch in anderen Fällen sein.

Wir folgern somit, daß es in der Natur, und zwar nicht allzu selten, Rassen gibt, welche durch einseitige Mutation entstanden sind und demzufolge alljährlich die volle Mutation, d. h. hier die bleichen Keime, in etwa einem Viertel ihrer Nachkommenschaft hervorbringen. Die bleichen Keime sterben frühzeitig ab, die Ursache ist aber die erbliche Unwirksamkeit einer der Eigenschaften, welche für das Ergrünen erforderlich sind. Diese Unwirksamkeit wird nur in der Hälfte der Sexualzellen vererbt, und dadurch kann sich die Rasse im Laufe der Generationen erhalten. Sie verdankt aber ihren Ursprung nicht einer Bastardierung, da rein weiße und rein gelbe Rassen nicht existenzfähig sind. Sie muß durch innere Mutation einer Sexualzelle innerhalb der grünen Art entstanden sein.

Nach der früheren Ansicht sollen Merkmale durch Anhäufung geringer Abweichungen auf Grund ihrer Nützlichkeit im Kampf ums Dasein entstehen. Die Anhänger Darwins nehmen dabei an, daß solche Abweichungen an sich häufig genug sind, um das Material für die Artbildung zu liefern. Die Neo-Lamarckianer aber meinen, daß die äußeren Umstände die nützlichen Veränderungen hervorrufen. Da es sich hier aber nicht um eine vorteilhafte, sondern höchstens um eine fast unschädliche Eigenschaft handelt, finden diese Theorien hier keine Anwendung, und erübrigt nur die Annahme einer plötzlichen Umwandlung des betreffenden Merkmales.

Versuchen wir es jetzt, diese Erfahrungen und Folgerungen zu verallgemeinern. Offenbar ist das Mißlingen des Ergrünes nicht die einzig mögliche Ursache eines frühzeitigen Todes für einen Pflanzenkeim. Zahllose andere Prozesse sind für seine Entwicklung unerlässlich, wie z. B. die Umbildung von Stärke oder Öl in Zucker, die Assimilation der Eiweißstoffe beim Wachstum der Protoplaste, die Vermehrung der Stärkebildner, der Vakuolen und der Kerne durch Teilung, die Ablagerung von Zellulose und anderer Stoffe in den Zellhäuten beim Wachstum usw. Sollte einer von diesen fehlen oder unwirksam sein, so müßte die Entwicklung aufhören, und der Keim würde schließlich in dem betreffenden Stadium zu-

grunde gehen. Man faßt alle solche Ursachen eines frühzeitigen Todes als tödliche oder *letale Faktoren* zusammen. In den meisten Fällen kann man zwar das frühzeitige Absterben beobachten, nicht aber dessen spezielle Ursache ermitteln. Dennoch läßt sich mit diesen Faktoren ebensogut experimentieren wie mit anderen. Da sie den Verlust einer Eigenschaft herbeiführen, ist zu erwarten, daß sie sich bei Kreuzungen verhalten werden wie andere Verlustmutationen und somit dem oben bereits erwähnten Mendelschen Gesetze für die Monohybriden folgen werden. Und zwar als rezessive Eigenschaften, welche, wie wir gesehen haben, in einem Viertel der Individuen der zweiten Generation sichtbar werden.

Von diesem Gesichtspunkte aus haben in den letzten Jahren *Morgan*, *Sturtevant* und ihre Schüler die letalen Faktoren bei der Bananenfliege (*Drosophila ommatophila* oder *melanogaster*) studiert. Hier verursachen sie mehrfach eine abnormale Entwicklung in bestimmten, für das Leben wesentlichen Organen und töten dadurch die betreffenden Individuen. Sind sie dabei an das eine oder das andere Geschlecht gebunden, so ändern sie das numerische Verhältnis der beiden Sexen und können dadurch genau abgezählt werden. Bisweilen sind die erwähnten Abnormitäten auch äußerlich sichtbar, in anderen Fällen aber selbstverständlich nicht.

Sind die letalen Faktoren mit dem Geschlecht verbunden, so nimmt *Morgan* an, daß ihre Träger sich in demjenigen Chromosom befinden, welches das Geschlecht bestimmt. In den Zellkernen der männlichen Fliegen ist dieses Chromosom ungepaart, in den weiblichen aber gepaart. In den ersteren tötet der Faktor somit jedes Individuum, in welchem er vorkommt; Männchen mit dem letalen Faktor gibt es somit nicht. In den Weibchen kann dieser Faktor entweder in beiden Chromosomen des Paares vorkommen, und auch dann stirbt das Tierchen frühzeitig ab. Oder er liegt nur in dem einen Chromosom, während dessen Paarling den entsprechenden normalen oder vitalen Faktor führt. Und da dieser letztere überwiegt, so sind solche Weibchen lebensfähig. Um die Rasse zu erhalten, muß man sie mit normalen Männchen paaren lassen, und die Rasse wird sich somit genau so verhalten, wie wir es oben für die gelben Keime beschrieben haben. Die Erfahrung hat dabei die Gültigkeit des Mendelschen Gesetzes stets erwiesen. So auch in den verschiedensten Kreuzungen. In diesen kann man die Bindung mit anderen Eigenschaften studieren, und dann stellt sich heraus, daß auch hier dieselbe numerische Gesetzmäßigkeit obwaltet. Dann findet man aber weiter, daß letale Faktoren, welche durch verschiedene Mutationen entstanden sind, sich auch mehrfach verschieden verhalten, d. h. daß sie mit anderen Eigenschaften verbunden sind. Bekanntlich benutzt *Morgan* den Grad der Bindung, um den Ort zu ermitteln, an welchem im Chromosomen eine untersuchte

Eigenschaft vertreten ist. Im Sexualchromosom sind nun bis jetzt sechs solche Orte nachgewiesen worden, d. h. daß sechs verschiedene letale Faktoren durch Mutation entstanden sind. Diese findet man in verschiedenen, aus der ursprünglichen wilden Form hervorgegangenen Rassen.

Es gibt auch letale Faktoren, welche nicht mit dem Geschlecht verbunden sind, und deren Platz somit in den anderen Chromosomen gesucht werden muß. Sie töten die Individuen beider Geschlechter, falls sie in ihnen aus beiden Eltern herkommen, lassen sie aber am Leben, falls sie nur von einem der beiden Eltern geerbt wurden. Sie befolgen dabei wiederum stets die Mendelschen Gesetze und werden in die Berechnungen in genau derselben Weise als Einheiten eingeführt, wie die zahlreichen anderen, durch Mutation bei der Bananenfliege aufgetretenen neuen Eigenschaften. Sie sind in der Regel rezessiv, d. h. ihren Antagonisten gegenüber ohne Einfluß, während unter den übrigen Umbildungen zwar die meisten sich ebenso verhalten, eine erhebliche Gruppe aber dominierend auftritt.

Letale Faktoren verhalten sich somit bei der Bananenfliege in Kreuzungen so wie andere durch Mutation entstandene Faktoren, und die theoretischen Berechnungen der Verhältniszahlen der früh absterbenden Individuen stimmen zu den Erfahrungszahlen genau, wenn man auch für sie die Gültigkeit der gewöhnlichen Bastardierungsgesetze annimmt.

Als drittes und letztes Beispiel letaler Faktoren wählen wir die tauben Samen der Nachtkerzen. Hier stirbt der Keim schon im Samen ab, wie Renner gezeigt hat, und zwar in einem sehr frühen Stadium, wenn nur noch wenige Zellen ausgebildet sind. Die Samenhäute wachsen aber in der gewöhnlichen Weise und zu der normalen Größe heran, und äußerlich sind die leeren Samen nicht von den vollen zu unterscheiden. Im übrigen läuft die Eigenschaft, taube Samen zu machen, der Erzeugung weißer oder gelber Keimlinge durchaus parallel, nur ist hier ein anderer Faktor die Ursache des frühzeitigen Todes. In bezug auf das Mendelsche Gesetz herrscht aber volle Übereinstimmung, und hier wie dort finden wir, daß ein Faktor etwa ein Viertel der Keime abtötet.

Bei den Oenotheren sind die letalen Faktoren aber noch nicht, wie bei der Bananenfliege, in den experimentellen Kulturen neu aufgetreten. Dafür ist wohl der Umfang der Versuche zu gering. Eine Generation der Fliege fordert nur eine Flasche und dauert nur etwa 6 Wochen, dabei kann sie 300—500 Individuen liefern. Eine Generation der Nachtkerzen aber braucht ein ganzes Jahr und ein Beet von 5 qm, um etwa 100 Exemplare zur Blüte gelangen zu lassen, und ein zufälliger letaler Faktor kann nur mittelst reiner Befruchtung isolierter Individuen und Prüfung ihrer Samen entdeckt werden. Dafür kommen die leeren Samen hier aber bei einigen

ursprünglichen Arten vor, und man kann sie somit unmittelbar für die Untersuchung hernehmen. Und, was vielleicht noch wichtiger ist, sie verschwinden in den Kulturen von Zeit zu Zeit, in derselben Weise, wie andere Mutationen entstehen und gewöhnlich mit solchen zusammen. Sie verraten dadurch ihre wahre Natur als Faktoren in einer Weise, welche bei den gelben Keimlingen und bei der Bananenfliege noch nicht beobachtet worden ist.

In der Diskussion deszendenztheoretischer Fragen bieten die tauben Samen der Oenotheren ein wichtiges Argument. Sie sind bei *Oenothera grandiflora*, *O. suaveolens* und *O. Lamarckiana* Artmerkmale im besten Sinne des Wortes, sind aber offenbar völlig nutzlos und eher als in geringem Grade schädlich zu betrachten, da sie in der reifenden Frucht einen Platz einnehmen, der sonst von einem guten Samen ausgefüllt werden könnte. Die Selektionstheorie und der Lamarckismus erklären die Entstehung der Eigenschaften auf Grund ihres Nutzens. Hier aber fehlt der Nutzen und ist eine Erklärung somit nicht möglich. Die Mutationstheorie nimmt aber an, daß einfache Eigenschaften plötzlich, aus inneren und äußeren Gründen, aber ohne Rücksicht auf ihre etwaige spätere Nützlichkeit entstehen und daß erst nachher der Kampf ums Dasein entscheidet, ob sie für ihre Träger vorteilhaft, schädlich oder gleichgültig sind. Die schädlichen verschwinden selbstverständlich, aber die beiden anderen Gruppen sind existenzfähig. Die beiden erstgenannten Theorien nehmen ein langsames und stufenweises Entstehen an, währenddessen der Nutzen bereits so groß sein muß, daß er über Leben und Tod im Kampf ums Dasein entscheiden kann. Nun ist es klar, daß bei einer langsamen Erzeugung tauber Samen jedenfalls die ersten Stadien nicht wichtig genug sein können, um der natürlichen Auslese ein brauchbares Material zu bieten. Auch könnte eine solche Auffassung nicht erklären, warum der Gehalt an tauben Samen gerade bei Zahlen, welche dem Mendelschen Gesetz entsprechen, seine Grenzen erreicht. Wir dürfen somit zuversichtlich schließen, daß auch hier die letalen Faktoren nur auf dem Wege der Mutation entstanden sein können.

Fangen wir mit *Oenothera grandiflora* an. Diese Art wächst in Alabama und den benachbarten Staaten in der Nähe des Golfes von Mexiko am Ufer der Flüsse und stellenweise in vielen Tausenden von Exemplaren. Sie wurde dort 1776 von Bartram entdeckt und später an demselben Orte und an anderen Stellen von mehreren Botanikern gesammelt. Sie ist mannshoch, reich verzweigt und trägt große gelbe, sehr angenehm duftende Blüten. Ihre Samen sind zu etwa einem Viertel leer, die drei übrigen Viertel enthalten gute Keime, welche sich nach der Aussaat leicht entwickeln. Soweit die Erfahrung reicht, bleibt dieser Gehalt im Laufe der Generationen derselbe.

Die Übereinstimmung mit den gelben Keimen leuchtet ein, und wir können hier dieselbe Erklärung anwenden wie dort. Wir nehmen an, daß ursprünglich einmal eine Sexualzelle durch Mutation einen unerläßlichen Faktor der Keimesentwicklung verlor, und daß diese Zelle bei der Befruchtung mit einer normalen kopulierte. Das daraus entstandene Individuum würde sich äußerlich in nichts von seinen Geschwistern unterscheiden, würde aber zu einem Viertel leere Samen hervorbringen. Denn bei der Bildung der Sexualzellen würde die Hälfte sowohl der weiblichen wie der männlichen den letalen Faktor bekommen, während dieser der anderen Hälfte fehlen würde. Es würden dann, bei der neuen Befruchtung, dreierlei Art von Samen zu erwarten sein. In einem Viertel würde der letale Faktor von beiden Seiten hereinkommen, und diese Keime würden somit frühzeitig absterben. In zwei Vierteln würde der fragliche Faktor nur von einer Seite, entweder aus der Eizelle oder aus dem Pollen, eintreten. Die so entstehenden Pflanzen würden völlig lebensfähig sein, aber später in ihren Samen dieselbe Spaltung wiederholen. Endlich würde im letzten Viertel der vitale Faktor von beiden Seiten gelangen; hier würde der letale somit fehlen, und die Pflanzen müßten nicht nur lebensfähig sein, sondern auch ausschließlich volle Samenkörner hervorbringen.

Diese Erwartung trifft nun völlig zu, und glücklicherweise unterscheiden sich die einförmig fruchtbaren Individuen auch äußerlich von denjenigen, welche neben guten Samen ein Viertel taube bilden. Die ersteren sind schwach, gelblich und breitblättrig; sie stellen einen auffallenden Typus dar, der als eine eigene Mutation: *mut. ochracea* aufgefaßt werden kann. Sie bilden, wenn man die leeren Samen in der Ernte mitzählt, etwa ein Viertel der ganzen Nachkommenschaft. Aber die tauben Samen der anderen Gruppe fehlen ihnen.

Die beiden anderen oben genannten Arten *Oenothera suaveolens* und *O. Lamarckiana* führen nicht ein Viertel taube Samen, sondern diese erreichen in ihrer Ernte etwa die Hälfte aller Körner. Sie müssen somit zwei letale Faktoren besitzen. Man findet sie in Europa ziemlich verbreitet, kennt aber in Amerika ihre ursprünglichen Fundorte nicht. Dasselbe gilt bekanntlich auch für die übrigen in Europa eingebürgerten Arten, wie *O. biennis* und *O. muricata*. Unter diesen allen verhält sich *O. Lamarckiana* noch am günstigsten, da sie vor etwa einem Jahrhundert von Michaux in Amerika gesammelt wurde und zuerst von diesem bekannten Reisenden nach Europa geschickt worden ist. Aber leider hat Michaux, der damaligen Gewohnheit entsprechend, den Fundort seiner Pflanzen nicht aufgezeichnet.

Betrachten wir zunächst *O. suaveolens*. Die beiden letalen Faktoren müssen unter sich so weit verschieden sein, daß sie ihre Wirkung gegenseitig nicht unterstützen können. Ich meine, daß,

wenn in einem Keim der eine Faktor von der Mutterseite, der andere aber aus dem Pollen eingetreten ist, beide ihren vitalen Antagonisten finden und somit beide unwirksam bleiben. Nur wenn derselbe Faktor von beiden Seiten eintritt, muß der Keim frühzeitig zugrunde gehen. Dieses geschieht nun, wie aus der oben gegebenen Auseinandersetzung hervorgeht, für jeden Faktor in etwa einem Viertel, für beide zusammen somit in der Hälfte der Samen. Die andere Hälfte bleibt lebenskräftig, da sie die beiden Faktoren nur einseitig enthält; die betreffenden Pflanzen werden in ihren neuen Samen aber die Spaltung wiederholen.

Genau dieselbe Betrachtung gilt für *O. Lamarckiana*. Hier aber kommen, wie bereits erwähnt, von Zeit zu Zeit Mutationen vor, welche die letalen Faktoren wieder vital machen, welche somit das Vermögen, taube Samen hervorzubringen, aufheben. Das schönste Beispiel dazu bietet *O. rubrinervis*, eine Mutationsform, welche alljährlich aus den reinen Kulturen der Mutterart erscheint und welche wohl die von verschiedenen Forschern am ausführlichsten studierte Neuheit in dieser Gruppe ist. Sie unterscheidet sich äußerlich leicht von der Mutterart, namentlich durch ihre spröden Stämme und Zweige, welche beim Durchbrechen glatt abbrechen, ohne Fasern abziehen. Ihre Fasern sind dünnwandig und dadurch zerbrechlich. Außerdem hat sie nur zu einem Viertel taube Samen, und ihr fehlt somit einer der beiden letalen Faktoren der Mutterart. Jedesmal, wenn sie durch Mutation entsteht, erhält sie diese beiden Merkmale. Es läßt sich nun leicht berechnen, was aus der Selbstbefruchtung dieser spröden Form hervorgehen muß. Der eine letale Faktor liefert die 25 % tauben Samen, in einem zweiten Viertel fehlt er völlig, und in der übrigen Hälfte tritt er nur von einer Seite ein. Glücklicherweise sind auch hier die beiden letzteren Gruppen äußerlich unterschieden, und zwar durch die Gestalt der Blütenrispe, die Breite der Blätter der jungen Pflanzen und die Farbe des Laubes. Die Unterschiede sind aber so gering, daß sie auf gewissen Altersstufen gar nicht zu sehen sind. Sucht man die Pflanzen aber während der Blüte aus, so findet man, daß die blassen keine tauben Samen bilden, während die rötlichen deren wieder etwa ein Viertel enthalten. Die erstere Gruppe umfaßt ein Viertel, die zweite die Hälfte der Aussaat.

Aus der *O. rubrinervis* mit nur einem letalen Faktor entsteht somit durch Selbstbefruchtung eine neue Form, welche nur gute Samen liefert und somit beide letalen Faktoren verloren hat. Sie ist durch eine blässere Farbe gekennzeichnet und führt den Namen *O. mut. deserens*. Sie verdankt ihre Auffindung aber dem Umstande, daß sie sich durch gewisse, äußerlich sichtbare Merkmale von *O. rubrinervis* unterscheidet.

Wo solche äußerlich sichtbaren Unterschiede fehlen, kann nur ein glücklicher Zufall eine

Mutationsform ohne letale Faktoren ans Licht bringen. Dennoch sind solche Fälle vorgekommen. Man kann *O. rubrinervis* als die Übergangsform von *O. Lamarckiana* zu *O. deserens* betrachten. Wären die beiden spröden Typen einander äußerlich gleich gewesen, so würde es dem Zufall überlassen gewesen sein, ob man für die Darstellung der Rasse ein Individuum mit vollem Keimgehalt oder eins mit einem Viertel leerer Samen genommen hätte. In dem ersteren Falle hätte man schließlich nur die eine Form erhalten, die andere wäre aber unbeobachtet geblieben und somit verschwunden. Im gewählten Beispiele hätte solches nicht geschadet, da ja *O. rubrinervis* alljährlich neu auftritt und der Versuch sich also leicht wiederholen läßt. Aber wo es sich um sehr seltene Mutationen handelt, würde man leicht verfehlen können, auch die Übergangsform am Leben zu erhalten.

Wie dem nun sein möge, Tatsache ist, daß in meinen Kulturen zwei weitere Mutationsformen entstanden sind, welche nur gute Samen haben, in denen die beiden letalen Faktoren der Mutterart somit verschwunden sind. Die eine entdeckte ich 1905, die andere 1906, und seitdem habe ich sie in reinen Linien, wenn auch mit Unterbrechungen, weiter kultiviert. Ich nenne sie *O. Lamarckiana mut. simplex* und *mut. velutina*; sie sind äußerlich voneinander und von der Mutterart fast in allen Merkmalen und zu jeder Jahreszeit unterschieden. Die erstere ist grün, wenig verzweigt, breitblättrig und von dichtem Bau, die letztere rötlich, reich verzweigt, mit schmalen, rinnigen Blättern und lockerer Traube. Sie unterscheiden sich auch dadurch voneinander, daß bei Kreuzungen mit gewissen anderen Arten *Simplex* nur Bastarde vom *Laetatypus* und *Velutina* nur Mischlinge von diesem Namen liefert. Bekanntlich gibt die *Lamarckiana* in solchen Kreuzungen diese beiden Typen als Zwillingsbastarde.

Wir gelangen somit zu der Ansicht, daß es sowohl bei Pflanzen als bei Tieren vorkommen kann, daß gewisse, für die Entwicklung unerlässliche Eigenschaften plötzlich, d. h. auf demselben Wege wie andere Mutationen, verloren gehen. Es entstehen dann Rassen, welche zu einem Viertel oder gelegentlich sogar zu zwei Vierteln frühzeitig absterbende Keime bilden. Und bei gewissen Insekten, wo die Männchen in ihren Kernen ein Chromosom mehr führen als die Weibchen, können dabei gar keine Männchen gebildet werden, und man kann die Rasse somit nur durch Kreuzung mit der Mutterart erhalten. Wird, wie bei einigen Oenotheren, die unwirksam gewordene Eigenschaft später wieder aktiv, so geschieht solches plötzlich und mit einem Sprunge, nach Art der übrigen Mutationen in dieser Gattung. In allen diesen Beziehungen verhalten sich die fraglichen Faktoren wie Mendelsche Einheiten, was sich namentlich bei der Bananenfliege in Kreuzungen leicht nachweisen läßt.

Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie, ein Spiegel ihrer Entwicklung.

Von Prof. Dr. Paul Jacobson, Berlin.

Längst hat die Einteilung der Stoffe in „anorganische“ und „organische“ die ihr ursprünglich gegebene und in diesen Bezeichnungen ange deutete Begründung eingebüßt. Wir fordern heute nicht mehr von einer „organischen Verbindung“, daß zu ihrer unmittelbaren oder mittelbaren Erzeugung Lebensvorgänge sich abspielen müssen. Die Schranke, die zwischen „anorganischer“ und „organischer“ Chemie einst durch die Annahme einer „Lebenskraft“ gezogen war, fiel schon vor fast 100 Jahren. Aber die Teilung blieb trotzdem bestehen.

Man definiert heute die organische Chemie gewöhnlich als die „Chemie der Kohlenstoffverbindungen“. Das gibt den Sachverhalt nicht ganz richtig wieder; denn gewisse einfache Kohlenstoffverbindungen, wie die Kohlensäure und die große Zahl ihrer Salze (Soda, Kalkspat usw.), behandelt man ausschließlich innerhalb der anorganischen Chemie. Aber auch ohne Hinzurechnung dieser „anorganischen Kohlenstoffverbindungen“ ist die Zahl der übrigen Kohlenstoffverbindungen erheblich größer, als die Anzahl derjenigen, die alle sonstigen Elemente miteinander bilden. Und hierin liegt ein wesentlicher Grund dafür, daß man die Verbindungen dieses einen Elements (mit gewissen, aus praktischen Rücksichten gebotenen Ausnahmen) als besonderes Teilgebiet der Chemie denjenigen aller anderen Elemente gegenüberstellt.

Täglich wächst die Zahl dieser organischen Stoffe. Denn die außerordentliche Verbindungsfähigkeit des Kohlenstoffs macht es verhältnismäßig leicht, ihn immer aufs neue in vorher unbekannte Kombinationen überzuführen. Ein Werk, das sich ihre einfache Aufzählung nur unter Hinzufügung der wichtigsten Literaturzitate zur Aufgabe stellt, — *M. M. Richters „Lexikon der Kohlenstoffverbindungen“* — ist trotz dieser Textbeschränkung in der dritten Auflage rund 4700 Seiten stark geworden! Es enthielt an den Schlußterminen seiner drei Auflagen die folgenden Zahlen der in der Literatur beschriebenen organischen Verbindungen:

1. September 1883	20 294 Verbindungen
1. April 1899	74 174
1. Januar 1910	144 150

Beachtenswert ist besonders der ungeheure Zuwachs in dem Jahrzehnt 1900—1910; er ist dem gesamten Bestand, der sich bis zum Beginn unseres Jahrhunderts angesammelt hatte, fast gleich! In diesem Jahrzehnt wurden jährlich durchschnittlich rund 7000 neue organische Stoffe aufgefunden, täglich rund 20.

Wissenschaftliche und technische Forschung arbeiten sich bei dieser andauernden Bestandsvermehrung in die Hände. In den Hochschullaboratorien stellen sich die Lehrer Probleme, zu

deren Lösung sie des Studiums neuer Kombinationen bedürfen. Aber neben ihren Aufgaben mit höheren wissenschaftlichen Zielen sind sie gezwungen, ihren Schülern leichtere Themen zu stellen, an denen diese das Rüstzeug für ihren späteren Beruf handhaben lernen sollen. Wohl wird durch solche „Doktorarbeiten“ manche Verbindung erzeugt und der Literatur einverleibt, die man ohne Bedauern missen möchte. Aber wenn auch der einzelne Stoff bedeutungslos erscheinen mag, so hat doch die Vervollständigung der Reihen, in die sich die einander ähnlichen Stoffe zusammenschließen, stets ihre wissenschaftliche Berechtigung; und oft genug hat solcher Ausbau, der anfangs vielleicht übertrieben schien, zu Funden geführt, die einen wesentlichen Fortschritt bedeuteten. Für die praktische Verwertung kommt es fast stets darauf an, unter vielen Verbindungen von ähnlicher Konstitution gerade diejenige herauszufinden, welche einen gewünschten Effekt in möglichst vollkommener Weise bei möglichst billiger Herstellbarkeit zeigt. So werden denn für die Bereitung von Farbstoffen, Riechstoffen, Arzneistoffen, photographischen Präparaten und Bedarfsartikeln verschiedenster Art täglich in den Fabriken neue Variationen erprobt, die zum großen Teil durch Patentschriften ihren Weg in die Literatur finden. Neben der synthetischen Arbeitsrichtung aber geht immer noch die Durchforschung jener Produkte einher, welche die Natur ohne Direktion durch den Chemiker in Lebensvorgängen erzeugt. Auch sie bringt stets noch neue Funde. Vor allem aber bedingen die Untersuchungen, die zur strukturellen Aufklärung der Naturstoffe unternommen werden, deren Veränderung zu neuen Abbau- und Umwandlungsprodukten und wiederum für die Prüfung der gewonnenen Anschauungen rein synthetische Arbeit.

Für die Ökonomie und den Erfolg solcher immer weiter bauenden Forschung ist es unerlässliche Voraussetzung, daß über den bisher erworbenen Bestand von Zeit zu Zeit eine *vollständige, systematisch geordnete Übersicht* geboten wird. Daß es bis jetzt gelungen ist, dieser Aufgabe Herr zu bleiben, verdankt die organische Chemie *Friedrich Konrad Beilstein* und der *Deutschen Chemischen Gesellschaft*.

*F. K. Beilstein*¹⁾ war als Sohn deutscher Eltern 1838 zu St. Petersburg geboren. Er wurde ein Schüler *Bunsens* und *Wöhlers*, und nach kurzem Aufenthalt in Paris begann er seine akademische Laufbahn 1860 als Privatdozent in Göttingen. Im Jahre 1866 wurde er als ordentlicher Professor am Technologischen Institut zu St. Petersburg in sein Vaterland zurückberufen. Dort blieb er bis zu seinem Tode (1906). Frühzeitig hatte er begonnen, die Literaturangaben über organische Verbindungen zu sammeln: anfangs

wohl nur mit der Absicht für eigenen Gebrauch. Aber aus dieser Gewohnheit erwuchs dann der Plan, der Allgemeinheit die Frucht seiner Sammelarbeit in einem Handbuch darzubieten. Im Jahre 1880 erschienen die ersten Lieferungen — Hefte von je 4 Bogen in gelbem Umschlag —, die bald in allen Laboratorien des Erdenrunds unentbehrliches Requisit wurden. Die chemische Welt war um so freudiger überrascht, als die Hefte sich in raschestem Tempo einander folgten, so daß das Handbuch nach etwa zwei Jahren abgeschlossen vorlag. Noch mehr erstaunt waren über diese nur durch äußerste Geduld und Zähigkeit erklärbare Riesenleistung die näheren Freunde *Beilsteins*, bei denen der im Umgang höchst lebendige Mann im Rufe stand, daß er „kaum 5 Minuten still sitzen“ könne.

Die erste Auflage war immerhin noch ein Werk von bescheidenem Umfang. In kurzer Zeit wurde sie so populär, daß sich die jüngeren Chemiker die „beilsteinlose Zeit“ kaum mehr gegenwärtigen konnten. Nach wenigen Jahren war sie vergriffen. Es wurden neue Auflagen notwendig, die selbstverständlich im Umfang stark anwuchsen und daher auch im Druck nicht so rasch hergestellt werden konnten wie die erste. Ihre Bearbeitung wurde für *Beilstein* nun während zweier Jahrzehnte seines Lebens die Hauptarbeit, der zu Liebe er auf die früher mit Erfolg betriebene Experimentaltätigkeit fast vollständig verzichtete. Die folgende Übersicht enthält die von *Beilstein* selbst herausgegebenen Auflagen des Werkes:

1. Auflage 1880—1882 . 2201 Seiten (2 Bände),
2. „ 1885—1889 . 4080 „ (3 „),
3. „ 1892—1899 . 6844 „ (4 „).

Als *Beilstein* an der dritten Auflage arbeitete, faßte er den Entschluß, die Fortführung seines Lebenswerks in andere Hände zu legen. Anfangs des Jahres 1895 erhielt ich die Anfrage, ob ich bereit sein würde, Supplemente zur 3. Auflage herauszugeben. Ich mußte dieses Anerbieten zunächst ablehnen, indem ich darauf hinwies, daß die Aufgabe über die Kräfte eines privaten Herausgebers hinausgewachsen sei, und daß nur die Übernahme durch eine gelehrte Korporation den würdigen Weiterbestand des Werkes sichern könne. Auf meinen Vorschlag wandte sich *Beilstein* an die *Deutsche Chemische Gesellschaft*, deren Vorstand die Anregung bereitwillig aufnahm und tatkräftig förderte. Ein literarisches Bureau wurde 1896 in Berlin eingerichtet, in welchem die laufenden Arbeiten der Zentralblattreferenten zugleich für die Weiterführung des Handbuchs nutzbar gemacht wurden.

So schlossen sich an jene oben zusammengestellten drei Auflagen zunächst:

Ergänzungsbände zur 3. Auflage, 1899—1906.
4604 Seiten (5 Bände),

die ich im Auftrage der Deutschen Chemischen Gesellschaft bearbeitete. Dieses Ergänzungswerk besteht aus 4 Textbänden, deren jeder im In-

¹⁾ Einen ausführlichen Nekrolog lieferte *Edv. Hjelt* in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Bd. 40, S. 5041—5078 (1907).

halt und in der Anordnung dem gleich bezifferten Bande des Hauptwerks entspricht, und einem Registerband, der Erläuterungen für den Gebrauch des Werks und ein Gesamtregister — das Hauptwerk und die Ergänzungsbände umfassend — enthält.

Nach seiner Vollendung war ein Programm für die Weiterarbeit aufzustellen. Der Plan, ein zweites Ergänzungswerk herauszugeben, mußte ausscheiden. Denn er hätte die Beibehaltung der Anordnung zur Voraussetzung gehabt, welche *Beilstein* der ersten Auflage zugrunde gelegt und bis zur dritten Auflage ohne wesentliche Veränderung beibehalten hatte. Er selbst hatte erkannt, daß hier eine gründliche Neugestaltung nötig war. „Das alte System war ja längst unbrauchbar geworden,“ so schrieb er mir einmal. „Aber alles Material umarbeiten, — — — dazu hätten Jahre gehört, und nimmer hätte ich die Arbeit zu Ende führen können.“

Diese Aufgabe ließ sich nun nicht länger hinausschieben. Die vierte Auflage mußte eine ganz neue Grundlage erhalten. Dazu waren jahrelange mühsame Vorarbeiten nötig, die in Angriff nehmen zu lassen der Vorstand alsbald nach Beendigung der „Ergänzungsbände zur 3. Auflage“ beschloß. Die Organisation der redaktionellen Arbeiten wurde *Bernhard Prager*, der schon bei der Herausgabe der Ergänzungsbände tätig gewesen war, und mir selbst übertragen. Als erste Mitarbeiter traten *Paul Schmidt* und *Dora Stern* 1907 ein; sie sind bis heute dem Unternehmen treu geblieben.

Das neue System wurde im Jahre 1907 ausgearbeitet; für den internen Gebrauch der Redaktion wurde es in einem Bande von 133 Druckseiten gedruckt¹⁾. Dann folgte die Einordnung des bis dahin gesammelten Materials in dieses neue System; sie bedurfte einer fünfjährigen angestrengten Arbeit (1908—1912). Endlich war die Einfügung der neueren Forschungsergebnisse vorzunehmen, die seit dem Literaturabschluß der Ergänzungsbände (1. Juli 1899 für den ersten Band, 1. Juli 1903 für den letzten Band) bis zu demjenigen Termin hinzugekommen waren, welcher für die vierte Auflage als Schlußtermin gelten sollte; gewählt wurde hierfür aus Gründen, auf die noch zurückgekommen werden soll, der 1. Januar 1910. Dieser letzte Teil der Vorarbeiten füllte die Jahre 1913—1916 aus.

Die zehnjährige Vorbereitungszeit erforderte bedeutende Aufwendungen. Die Deutsche Chemische Gesellschaft hätte sie aus ihren laufenden Einnahmen oder aus ihrem Vermögen nicht bestreiten können. Aber eine „Vereinigung von Förderern der *Beilstein-Herausgabe*“, die sich aus Kreisen der Industrie und der Wissenschaft bildete, brachte hierfür ein Kapital von 200 000 Mark zusammen, und weitere Mittel stehen aus

dem kürzlich für das Jubiläum der Gesellschaft gesammelten *Baeyer-Fonds* in Aussicht.

Mitte des Jahres 1916 war die Vorbereitungsperiode abgeschlossen. Das gesamte Zettelmaterial, ein Gewicht von rund 460 kg darstellend, lag — in 123 Zettelkästen geordnet und in drei großen feuersicheren Schränken geborgen — im Hofmannhause, dem Heim der Deutschen Chemischen Gesellschaft, bereit. Wir standen mitten im Kriege mit allen seinen Nöten: dem Setzermangel, der Papierknappheit usw. Trotzdem wurde die Drucklegung anfangs 1917 begonnen. Dank der Energie der Verlagsbuchhandlung Julius Springer ist es gelungen, sie derart zu fördern, daß der erste Band — 1018 Seiten stark — Ende 1918 im Druck auf tadellosem Papier vollendet war. In den ersten Wochen des Jahres 1919 gelangte er zur Ausgabe¹⁾; auch eine gefällige und praktische Einbanddecke konnte trotz der Schwierigkeit, das hierfür nötige Material zu beschaffen, ihm mitgegeben werden.

Ihm sollen 14—15 weitere Bände folgen. Der Gesamtumfang des Werkes läßt sich schon heute mit ziemlicher Sicherheit auf rund 1000 Druckbogen (= 16 000 Seiten) schätzen. Das Redaktionspersonal ist derart vergrößert, daß eine rasche Aufeinanderfolge der einzelnen Bände erwartet werden darf.

Die vierte Auflage unterscheidet sich von ihren Vorgängern nicht nur dadurch, daß sie eine weit größere Zahl einzelner Verbindungen — mehr als das Doppelte gegenüber der dritten Auflage — in zeitgemäß umgestalteter Anordnung enthalten wird. Denn der Fortschritt der organischen Chemie beruht ja glücklicherweise nicht allein in der Auffindung neuer Stoffe. Die altbekannten Stoffe vielmehr bleiben stets Gegenstand weiterer Erforschung durch Chemiker, Physiker und Physiologen. Immer mehr rundet sich die Kenntnis ihres chemischen Werdens und Vergehens und ihres physikalischen Seins; immer weiter werden die Wirkungen verfolgt, die sie im Organismus ausüben, und die Anwendungen, die man ihnen für praktische Ziele geben kann. So sammeln sich für die einfachsten und zugänglichsten Verbindungen — wie Alkohol, Aceton, Essigsäure, Benzol, Anilin, Chinolin und Dutzende von anderen — Kenntnisse in solcher Fülle an, daß man über jede von ihnen allein ein ganz stattliches Buch schreiben könnte, was in einzelnen Fällen auch schon geschehen ist. Im neuen „*Beilstein*“ wird der möglichst erschöpfenden Schilderung solcher Verbindungen, welche

¹⁾ Der vollständige Titel lautet:

Beilsteins Handbuch der organischen Chemie.

4. Auflage, die Literatur bis 1. Januar 1910 umfassend. Herausgegeben von der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

Bearbeitet von *Bernhard Prager* und *Paul Jacobson*, unter ständiger Mitwirkung von *Paul Schmidt* und *Dora Stern*.

1. Band: Leitsätze für die systematische Anordnung. — Acyclische Kohlenwasserstoffe, Oxy- und Oxo-Verbindungen (Berlin, Verlag von Jul. Springer. 1918).

¹⁾ Ein Auszug aus den „Leitsätzen“ eröffnet den Text des eben erschienenen ersten Bandes der neuen Auflage.

die Hauptvertreter der verschiedenen Körpergruppen sind, — bei aller durch den Raum gebotenen Knappheit — ganz besondere Sorgfalt zugewandt. Gerade dieser Teil der Redaktionsarbeit erfordert einen außerordentlichen Zeitaufwand. Denn da die dritte Auflage für vielbearbeitete Verbindungen sowohl in der Anführung der tatsächlich vorliegenden Beobachtungen wie in ihrer Dokumentierung durch die zugehörigen Literaturzitate sehr lückenhaft war, werden noch bei der Zusammenstellung des Zettelmateriale zum Druckmanuskript fortwährend Ergänzungen aus der alten Literatur notwendig. So ist z. B. der Artikel Äthylalkohol, der in der dritten Auflage 7 Druckseiten umfaßt, auf 22 Seiten angewachsen, Acetylen von 2 auf 16, Formaldehyd von 1½ auf 16, Blausäure (mit ihren Salzen) von 24 auf 60 Seiten!

Mit welchem Erfolg fortwährend noch solchen „alten Bekannten“ aus dem Volk der organischen Chemie neue Züge abgewonnen werden können, dafür gibt besonders drastisches Zeugnis ein anderes literarisches Unternehmen der Deutschen Chemischen Gesellschaft: die von R. Stelzner bearbeiteten: „Literatur-Register der organischen Chemie“. Der Band, welcher den letzten beiden Friedensjahren (1912 und 1913) entspricht, enthält z. B. für Ameisensäure fünf engbedruckte Seiten nur mit Literaturnachweisen aus diesem kurzen Zeitraum angefüllt, für Essigsäure gar elf.

Dieses Werk — eine Fortsetzung des oben erwähnten Richterschen „Lexikons der Kohlenstoffverbindungen“ und gleich ihm auf Grund der Bruttoformeln nach dem ingenieösen, von M. M. Richter erdachten Formelsystem angeordnet — faßt die neue Literatur in Zweijahresbänden zusammen und beginnt ihre Registrierung mit dem 1. Januar 1910, der als Schlußtermin für die vierte Beilsteinauflage gewählt wurde (vgl. oben). Es bietet daher eine fortlaufende Ergänzung zu ihren Angaben. Für später aber ist in Aussicht genommen, die Fortschritte eines gewissen Zeitraums (etwa 1910—1925) durch *Ergänzungsbände zur vierten Beilsteinauflage* wieder in *systematischer* Anordnung zusammenzufassen.

So ist nach Möglichkeit dafür vorgesorgt, daß die Früchte, welche der Forschungseifer in allen Ländern zeitigt, auch für die Zukunft übersehbar und jederzeit leicht wieder auffindbar gesammelt werden. Von dieser Sammelarbeit haben bis zum Kriege und während des Krieges alle Nationen Nutzen gezogen. Als gemeinsames literarisches Werkzeug verband der „Beilstein“ die organischen Chemiker der ganzen Welt miteinander. Ein eigenartiges Zeugnis hierfür liegt in einem Aufruf vor, der am 1. September 1918 in dem von der American Chemical Society herausgegebenen „Journal of Industrial and Engineering Chemistry“ erschien¹⁾. Darin wurde geklagt, daß den

amerikanischen Chemikern nicht genug Exemplare des „Beilstein“ zur Verfügung stehen; denn die 3. Auflage war vergriffen. Und es wurde nun ein Kapital erbeten, um — ohne Berücksichtigung der Autor- und Verlagsrechte! — einen photographischen Neudruck der 3. Auflage und ihrer Ergänzungsbände in 1000 Exemplaren zu veranstalten und zu billigem Preise unter die amerikanischen Chemiker zu verteilen.

Vielleicht ist es der 4. Auflage beschieden, das gleiche Interesse des Auslandes, in legaler Weise betätigt, auf sich zu ziehen und daran mitzuhelfen, daß die Völker sich einander wieder in der Verfolgung des wissenschaftlichen Fortschritts auf gemeinsamen Wegen nähern!

Die Frage der Doppelinnervation der willkürlichen Muskeln.

Von Prof. Dr. phil. et med. A. Pütter, Bonn.

Für eine immer größere Anzahl von Muskeln und Drüsen ist der Nachweis erbracht worden, daß sie von *zwei* zentrifugalen Nervenarten versorgt werden, von Nerven, die also beide Impulse der Zentren zu dem Erfolgsorgan (der Drüse oder dem Muskel) senden. Was früher als Ausnahme erschien, muß jetzt als der allgemeine Fall betrachtet werden, denn nachdem auch für die quergestreifte Muskulatur der Insekten und Krebse eine Doppelinnervation nachgewiesen wurde, erscheinen die Fälle, in denen wir eine solche vermissen, als Seltenheiten.

Die wichtigste Ausnahme von der Regel der Doppelinnervation bildete bis vor kurzem die willkürliche quergestreifte Muskulatur des Menschen und der Wirbeltiere; sie schien der Typus eines Erfolgsorgans zu sein, bei dem nur auf *einem* Wege, nur durch die Nerven des Gehirns und Rückenmarks Impulse vom Zentrum zum Muskel gelangen.

Ob diese bisher so fest gegründete Annahme wird bestehen bleiben können, erscheint auf Grund einer Anzahl von Erfahrungen, die in den letzten Jahren gemacht worden sind, mindestens sehr zweifelhaft. Es soll im folgenden die Lehre von der Doppelinnervation der quergestreiften Muskulatur so dargestellt werden, wie ihre Verfechter sie auffassen.

Die anatomische Grundlage dieser Lehre bilden die Forschungen von J. Boeke (11). Er fand, daß außer den markhaltigen motorischen Nervenfasern feine marklose Fasern zu den quergestreiften Muskeln ziehen und in eigenen Endplättchen enden. Der Umstand, daß diese Endplättchen hypolemmal¹⁾ liegen, spricht dafür, daß es die Enden zentrifugaler Nerven sind, da die zentripetalen Fasern stets epilemmal¹⁾ ihren Ursprung haben. Nach Durchschneidung eines Augen-

Hesse und H. Großmann, S. 2033—2034 (Beilage zu Nr. 19—20 vom Jahrgang 1918 der „Chemischen Industrie“).

¹⁾ In Übersetzung abgedruckt in den „Dokumenten zu Englands Handelskrieg“, herausgegeben von A.

²⁾ Sarkolemm ist die feine strukturelose Hülle, die die Muskelfaser wie ein Zellmembran umschließt. Was

muskelnerven direkt beim Ursprung aus dem Hirnstamm sah *Boeke* die motorischen Endplatten degenerieren, während die „akzessorischen“¹⁾ erhalten blieben. Hierdurch wird erwiesen, daß es sich um zwei voneinander unabhängige Nervenzüge verschiedener Herkunft handelt.

Die Entscheidung über die Natur der zweiten Art Nerven zu treffen, ist die Anatomie nicht in der Lage, hier setzt die Arbeit der Physiologie ein.

Die ersten Erfahrungen, die auf die Wirkung einer doppelten Nervenversorgung der willkürlichen Muskulatur hinwiesen, machte *S. de Boer* (1), als er das Zustandekommen des Brondgeest-schen Reflextonus näher untersuchte. Die aktive Spannung, der *Tonus*, in dem sich die Muskeln eines Frosches befinden, dem das Rückenmark hoch durchschnitten ist, kommt u. a. darin zum Ausdruck, daß die Hinterbeine beim aufgehängten Tier im Knie deutlich gebeugt sind, die Füße in Dorsalbeugung stehen. Durchschneidet man den Nerven, der das Bein versorgt (*N. ischiadicus*) auf einer Seite, so sinkt es auf dieser Seite schlaff herab. Hieraus ist zu schließen, daß dauernd Impulse durch den Nerven dem Muskel zufließen, daß ein *Tonus* besteht. Bisher war man der Meinung, daß diese Impulse von den motorischen Zellen der Vorderhörner des Rückenmarks ausgingen. Es laufen aber noch andere Fasern im *Ischiadicus*, das sind sympathische Nervenfasern, die sich durch Vermittlung feiner Äste (der *Rami communicantes*) von den Ganglien des *Sympathicus* zu den gemischten peripheren Nerven begeben. Nun konnte *de Boer* nachweisen, daß der *Tonus* des Hinterbeins genau so, wie nach Durchschneidung des *Nervus ischiadicus*, auch fortfällt, wenn man die *Rami communicantes* durchtrennt. Das bedeutet also, daß die tonische Innervation der willkürlichen Muskulatur vom *Sympathicus* aus erfolgt. Durchschneidet man, nach der Ausschaltung der *Rami communicantes*, den *Nervus ischiadicus*, so hat diese Operation nunmehr keinen Einfluß auf den *Tonus*. Der *Tonus* ist ganz durch den *Sympathicus* bedingt.

Diesen Versuchen an Fröschen hat *de Boer* auch einige an Katzen hinzugefügt, in denen er nach Entfernung des Bauchsympathicus eine Abnahme des Muskeltonus auf der operierten Seite fand.

In besonders deutlicher Weise läßt sich am Zwerchfell (bei Säugetieren) die Tatsache zeigen, daß der *Tonus* eines quergestreiften Muskels durch besondere Nervenfasern erhalten werden kann, die unabhängig von den Bahnen sind, auf denen ihm die Reize zur raschen *Zusammenziehung und Erschlaffung* zugeleitet werden. Drei japanische Autoren (2) fanden, daß die Durchschneidung des motorischen Zwerchfell-

unter ihr (hypolemmal) liegt, gehört zum Zellinhalt, was außerhalb (epilemmal) liegt, steht in lockerer Beziehung zum Zellinhalt.

¹⁾ Als „akzessorische“ Endplatten bezeichnet *Boeke* die von ihm neu entdeckten Nervenenden der feinen marklosen Fasern.

nerven (*N. phrenicus*) zwar das Zwerchfell lähmt, aber seinen *Tonus* nicht herabsetzt. Durchschneidet man dagegen die *Nervi splanchnici*, oder zerstört man das Ganglion coeliacum oder vergiftet man es mit Nikotin, so verliert das Zwerchfell seinen *Tonus*, die Bewegungen bleiben aber erhalten, der Muskel ist nicht gelähmt. Das Zwerchfell erhält also seinen *Tonus* durch *sympathische* Fasern, die Impulse zu seiner *rhythmischen* Tätigkeit aber durch *cerebrospinale* Bahnen.

Die Gesichtspunkte, die sich aus diesen Untersuchungen ergaben, belebten eine Frage von neuem, die schon eine experimentelle Erledigung gefunden zu haben schien, die *Frage nach dem chemischen Muskeltonus*. Man versteht hierunter den dauernden Einfluß des Nervensystems auf die Höhe des Stoffwechsels ruhender Muskeln. *N. Zuntz* hatte 1878 nachgewiesen, daß der Stoffwechsel des ruhenden Muskels beim Hunde ganz erheblich sinkt, wenn der Nerv, der ihn versorgt, durchschnitten wird. Er hatte dann dasselbe Resultat erhalten, wenn er den Einfluß des motorischen Nerven auf den Muskel durch Vergiftung mit Curare ausschaltete, und *Pflüger* hatte diese Beobachtung bestätigt. Nachuntersuchungen ergaben aber, daß die Curarevergiftung der motorischen Nerven einen solchen Erfolg nicht hat. *Zuntz* und *Pflüger* hatten mit so großen Curaredosen gearbeitet, daß auch die (sympathischen) Vasomotoren gelähmt wurden, d. h. mit Giftmengen, die nicht mehr die elektive Wirkung kleiner Gaben haben, von denen wir wissen, daß sie nur den Apparat lähmen, durch den der motorische Nerv mit dem Muskel verbunden ist. Als nun *Frank* mit *v. Gebhard* und *Fr. Voit* Versuche mit Curaremengen anstellten, die nur die motorischen Endorgane lähmten, blieb jede Verminderung des Stoffwechsels am ruhenden Muskel aus. Die Kohlensäureproduktion blieb nach der Vergiftung genau so hoch, wie sie vorher bei völliger Ruhe gewesen war. Auch *Tangl* hat diese Ergebnisse bestätigt, die also zu dem Schluß zu führen schienen, daß ein chemischer Muskeltonus nicht bestünde.

Wenn nun aber die tonischen Impulse gar nicht auf dem Wege über den motorischen Nerven, sondern durch sympathische Bahnen zum Muskel gelangen, so ist es *selbstverständlich*, daß die Curarevergiftung, die diese Bahnen funktions-tüchtig läßt, keinen Einfluß auf den Anteil des Muskelstoffwechsels ausüben kann, der mit dem *Tonus* zusammenhängt. Man muß also wieder auf den alten Zuntzschen Versuch mit der Nervendurchschneidung zurückgreifen.

Das hat nun *Mansfeld* in Gemeinschaft mit *Lukács* (3) getan. Nachdem durch Curare die Wirkung der motorischen Nerven ausgeschaltet war, wurden die gemischten Nerven, die zu den Muskeln der Beine gehen, durchtrennt.

Nach diesem Eingriff sank der Sauerstoffverbrauch der Tiere um 10,8 bis 15,2 %, die Kohlensäureabgabe um 6,2 bis 20 %. Aus diesen Ver-

suchen schließen wir mit Recht, daß „jene zentralen Impulse, welche die Oxydationsprozesse im Muskel anfachen, auf dem Wege solcher Nerven befördert werden, die nicht durch Curare, sondern nur durch das Messer auszuschalten sind“. Die Frage, welcher Art diese Nerven sind, suchten die Forscher dadurch zu beantworten, daß sie weiteren Tieren zuerst den Grenzstrang des Bauchsympathicus exstirpierten und dann den Versuch mit Curarevergiftung und Nervendurchschneidung ausführten. Kommen die tonischen Impulse vom Sympathicus her, so darf die Nervendurchtrennung jetzt keinen Einfluß mehr auf den Stoffwechsel der curaresierten Tiere haben. Die Versuche entsprachen dieser Forderung.

Es gibt also nach Mansfeld doch einen chemischen Muskeltonus, aber er wird nicht von den motorischen Vorderhornzellen des Rückenmarks aus aufrecht erhalten, sondern beruht auf der Tätigkeit sympathischer Zentren.

de Boer wie *Mansfeld* haben die tonische Innervation der quergestreiften Muskulatur durch sympathische Fasern nur mit Hilfe von Ausschaltungsmethoden nachgewiesen. Es wäre dringend erwünscht, auch durch Reizungsmethoden den Nachweis zu vervollständigen. Es müßte z. B. in *Mansfelds* Versuchen der Sauerstoffverbrauch wieder steigen, wenn man die durchschnittenen gemischten Nerven der curaresierten Tiere in geeigneter Weise durch Dauerreizung wieder in Tätigkeit setzte.

de Boer hat noch eine Reihe weiterer Argumente für die Doppelinnervation beizubringen verwünscht, auch durch Reizungsmethoden den ruhen. So hat er die Bedeutung der langsamen tonischen Kontraktion für die Form der normalen Muskelzuckungskurve zu beweisen gesucht, doch geben seine Ausführungen hier wohl zu Einwänden Anlaß, ebenso wie seine Versuche, einen Einfluß der sympathischen Innervation auf die Zeit des Eintritts der Totenstarre nachzuweisen.

Die Vorstellung, daß der quergestreifte Muskel zwei ganz verschiedene Leistungen vollbringen kann: einmal die *tetanischen* Kontraktionen, die raschen Zusammenziehungen und Erschlaffungen, durch die er die Arbeitsmaschine unseres Körpers wird, und zum zweiten die *tonischen* Kontraktionen, die Dauerverkürzungen; sowie die Erkenntnis, daß zwei Arten von Nervenfasern für diese beiden Funktionen vorhanden sind, führt zu der Frage, ob nicht in der Muskelfaser auch zwei verschiedene Mechanismen bestehen, an die die beiden Nervenarten angreifen, Mechanismen, die wir an Verschiedenheiten des Stoffumsatzes bei tonischer und tetanischer Kontraktion erkennen könnten.

In dieser Richtung liegen höchst beachtenswerte Erfahrungen vor.

Über die Stoffe, die bei der tetanischen Tätigkeit des quergestreiften Muskels umgesetzt werden, sind wir recht gut unterrichtet. Es ist in erster Linie das *Glykogen* des Muskels, das bei angestrengter Arbeit schwindet, während *Milch-*

säure in vermehrter Menge gebildet wird. Außer *Glykogen* und *Milchsäure* enthält der Muskel aber noch eine sehr charakteristische Verbindung in erheblicher Menge, das *Kreatin*, über dessen Beteiligung bei der Tätigkeit des Muskels bis vor wenigen Jahren kaum etwas auszumachen war. *Pekelharing* (12) hat die Ansicht entwickelt, daß der Kreatingehalt des Muskels von seinem Tonuszustande abhängt, daß der Kreatingehalt mit steigendem Tonus steigt, bei Aufhebung des Tonus abnimmt. Dieser Gedanke hat sich als fruchtbar erwiesen.

So ließ sich beim Kaninchen zeigen, daß, während am curaresierten Muskel der Kreatingehalt normal bleibt (0,45 %), er nach Durchschneidung der Nerven abnimmt. Das ist das vollständige Gegenstück zu den Erfahrungen *de Boers* und *Mansfelds*, nach denen der Tonus und der Stoffwechsel der Muskeln unter diesen Bedingungen absinkt. *Riesser* (6) fand weiter, daß unter der Einwirkung von Tetrahydro-p-Naphthylamin der Kreatingehalt der Muskeln steigt. Dieser Stoff bewirkt eine starke Erregung der sympathischen Zentren, die in *vermehrtem Tonus* der Muskeln, Pupillenerweiterung, Exophthalmus, Gefäßverengung und Fieberanstieg (beim Kaninchen bis auf 43 oder 44°) zum Ausdruck kommt. Die Kreatinvermehrung erfolgt auch nach Curarevergiftung, also bei Muskelruhe. Im Gegensatz dazu bringt eine Vergiftung mit Pikrotoxin keine Vermehrung des Kreatingehaltes hervor. Dieses Gift erzeugt heftige Krämpfe, erregt aber nicht die sympathischen, sondern die parasympathischen Zentren. Der Gegensatz in der Wirkung der beiden Gifte ist sehr lehrreich: nur die Zunahme des Muskeltonus läßt den Kreatingehalt steigen, auch wenn die Muskeln (bei Curarevergiftung) in Ruhe bleiben, die Muskelkrämpfe (tetanische Muskel-tätigkeit) bei Pikrotoxin lassen den Kreatingehalt unverändert.

Eine ganz besonders starke Steigerung des Tonus der quergestreiften Muskeln kann man durch Vergiftung mit Tetanustoxin erzeugen. Die starke, langdauernde tonische Kontraktion führt nach *Fröhlich* und *Meyer* (7) nicht zu einem Glykogenschwund, wie wir ihn beim tetanisch kontrahierten Muskel seit langem kennen, es kann vielmehr geradezu zu einer Glykogensammlung in den durch das Wundstarrkrampfgift tonisch erstarrten Muskeln kommen. Diese Muskeln geben auch keine Aktionsströme, wie tetanisch verkürzte Muskeln.

Alle diese Erfahrungen lehren, daß wir, *entsprechend der doppelten Nervenversorgung*, auch im Muskel selbst einen *doppelten Stoffwechselmechanismus* anzunehmen haben. Der eine kommt in Zunahme des Kreatins bei Zunahme des Tonus zum Ausdruck, der andere in Schwund des Glykogens und Zunahme der Milchsäure bei tetanischer Tätigkeit des Muskels.

So gut gestützt die Lehre von der sympathischen Innervation der quergestreiften Muskeln nach den

mitgeteilten Erfahrungen erscheint, so darf doch nicht verschwiegen werden, daß sich auch ablehnende Stimmen gegen sie erhoben haben.

J. Negrin y Lopez und E. Th. v. Brücke (8) konnten sich bei Katzen nicht von der Abnahme des Tonus nach Entfernung des Bauchsympathicus überzeugen, jedenfalls nicht von einem dauernden Ausfall der tonischen Innervation, und erklären auch den angeblichen Einfluß der sympathischen Nerven auf den Eintritt der Totenstarre, die wir oben nur kurz erwähnten, anders als *de Boer*.

Auch *Dusser de Barenne* (9) findet beim Frosch und bei der Katze nach Entfernung des Bauchsympathicus zwar eine Herabsetzung, aber keine Aufhebung des Tonus und sah den Tonus im Laufe von Wochen wiederkehren. Auch *Jansma* (10) glaubt nur eine Abnahme, kein Schwinden des Tonus nach Durchschneidung der Rami communicantes gesehen zu haben.

Wenn somit die Akten über diese Fragen noch nicht geschlossen sind, so sind doch neue Ausblicke über die Innervation der willkürlichen Muskeln und die Vorgänge im Muskel selbst gewonnen, die wir als wesentliche Bereicherungen unserer Vorstellungen ansehen müssen.

Literatur.

1. *S. de Boer*, Die Bedeutung der tonischen Innervation für die Funktion der quergestreiften Muskeln. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 65, 1915, S. 239—354. Hier weitere Literatur.
2. *Ken Kure, Tohei Hiramatsu und Hachiro Naito*, Zwerchfeltonus und Nervi splanchnici. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 28, S. 130—134.
3. *G. Mansfeld und Alexius Lukács*, Untersuchungen über den chemischen Muskeltonus I. Pflüg. Arch. Bd. 161, 1915, S. 467—477.
4. *G. Mansfeld*, II. Mitteilung ebenda, S. 478—482.
5. *Z. Ernst*, III. Mitteilung ebenda, S. 483—487.
6. *Otto Riesser*, Über Tonus und Kreativegehalt der Muskeln in ihren Beziehungen zu Wärmeregulation und zentral-sympathischer Erregung. Arch. f. experim. Patholog. und Pharmacol. Bd. 80, 1916, S. 183—230.
7. *A. Fröhlich und H. H. Meyer*, Untersuchungen über den Tetanus. Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmacol. Bd. 79, 1915, S. 55—92.
8. *J. Negrin y Lopez und E. Th. v. Brücke*, Zur Frage nach der Bedeutung des Sympathicus für den Tonus der Skelettmuskulatur. Pflüg. Arch. Bd. 166, 1916, S. 55—64.
9. *J. G. Dusser de Barenne*, Über die Innervation und den Tonus der quergestreiften Muskeln. Pflüg. Arch. Bd. 166, 1916, S. 145—168.
10. *J. B. Jansma*, Untersuchungen über den Tonus und über die Leichenstarre der quergestreiften Muskulatur. Zeitschr. f. Biol. Bd. 65, 1915, S. 365—390.
11. *J. Boeke*, Die doppelte (motorische und sympathische) efferente Innervation der quergestreiften Muskelfasern. Anat. Anz. Bd. 44, 1913, S. 343—356.
12. *Pekelharing und van Hoogenhuyze*, Die Bildung des Kreatins im Muskel beim Tonus und bei der Starre. Z. f. physiol. Chemie, Bd. 64, 1910, S. 262—293.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 11. Februar sprach Dr. *Kurt Wegener* über die Wetterberatung vom Standpunkt des Fliegers. Der Redner, welcher sowohl als Meteorologe wie als Flugzeugführer über reiche praktische Erfah-

rungen verfügt, wies einleitend auf die großen Unterschiede der Wetterberatung im Kriege und im Frieden hin und warnte vor einer Überschätzung der im Kriege gesammelten Beobachtungen und Erfahrungen. Während es sich in den letzten Jahren, abgesehen von den Englandfahrten, vorwiegend um 1- bis 1½-stündige, zum Ausgangspunkt zurückkehrende Flüge handelte, kommen für Sport- und Verkehrszwecke mindestens 3- bis 4-stündige Fahrten nach weit entfernten Orten in Frage. Eine Vervollkommnung des meteorologischen Nachrichtendienstes mit ausgedehnter Verwendung der Funkentelegraphie ist daher ein dringendes Erfordernis für die Friedensorganisation, wobei mehr auf die bei den Prinz-Heinrich-Flügen als auf die im Kriege gesammelten Erfahrungen zurückzugreifen ist.

Für die Wetterberatung im einzelnen ist es vor allem wichtig, genau über die Leistungen des Flugzeugs und die Absichten des Fliegers (Weg, Höhe, Zwischenlandungen) unterrichtet zu sein. Die erste Aufgabe des Meteorologen sollte stets die Auskunft über tatsächliche Verhältnisse oberhalb des Flugplatzes und längs der voraussichtlichen Flugbahn, also die Übermittlung der atmosphärischen Zustandskurve sein. Hierbei ist besonders Menge und Höhe der Wolken zu berücksichtigen. Liegt die Wolkendecke niedriger als 400 m, so wird man möglichst eingehende Berichte hierüber mitteilen und meist vom Fluge abraten müssen; ist die Wolkenbasis höher als 1000 m, so kommt es auf Einzelheiten weniger an. Eine Auskunft über die Windverhältnisse oberhalb der Wolken, die häufig auch ohne Drachenaufstiege, lediglich auf Grund der Wetterkarte möglich ist, hat für den Flieger nur dann Wert, wenn es dort ziemlich wolkenlos ist; es genügt dann, die vermuteten Geschwindigkeiten auf ± 5 km/St genau anzugeben, da es nur auf Durchschnittswerte ankommt. Das gilt auch für Mitteilungen über die so wichtigen Schichtgrenzen in der Atmosphäre.

Weitere Aufgaben der Wetterberatung sind die voraussichtlichen räumlichen und zeitlichen Änderungen des Wetters. Dabei ist namentlich die tägliche Periode der Witterungsfaktoren zu beachten, z. B. Wolkenbildung mittags, Änderung ihrer Form und Basishöhe, Änderung des vertikalen Temperaturgefälles und der damit zusammenhängenden Turbulenz des Windes. Es wurde u. a. hingewiesen auf die für die Orientierung wichtigen Unterschiede eines Fluges dicht über den Wolken oder hoch darüber, auf den Einfluß des Geländes auf Windböigkeit in der Höhe und auf Bildung von Luftwellen. Dabei wurden lehrreiche Bemerkungen gemacht über Abbildung der Flußläufe in darüber liegenden Wolkendecken, sobald Bodenwind herrscht, ferner über starke Vertikalbewegungen oberhalb einiger großer Flüsse. Dr. *Wegener* hat solche Vertikalböen fast regelmäßig über dem Rhein feststellen können, während sie über Elbe und Oder meist fehlten. Da der Flieger einen möglichst weiten Horizont zur Orientierung braucht, fliegt er ungern durch Wolken hindurch; gewisse Wolken sind auch unbedingt zu vermeiden, da — abgesehen von der dort herrschenden Windunruhe — große Tropfen Tragflächen durchlöchern und Hagelkörner den Propeller zerstören können.

Zum Schlusse wurde noch darauf hingewiesen, daß die Wetterberatung möglichst klar und vollständig sein muß; selbst Angaben, welche für den meteorologisch vorgebildeten Flieger selbstverständlich erscheinen, z. B. Wolkenbildung an der Windseite der Gebirge, Verstärkung des Nebels an der Küste, sollten nicht fortgelassen werden, da der Flugzeugführer durch die

Wartung seiner Maschine so stark in Anspruch genommen ist, daß man ihm keine meteorologischen Überlegungen zumuten könne. *Sd.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Zu Ruzickas Lehre vom morphologischen Metabolismus (*Archiv f. Entw.-Mech. d. Organismen* Bd. 42). Ruzicka zeigt, daß die Häutung von Tritonen durch absolute Hungerung durchschnittlich um nahezu 100 % beschleunigt wird. Diese Erscheinung ist nur so zu erklären, daß der absolute Hunger eine beträchtliche Steigerung des Stoffwechsels zur Folge hat, ja es ist die Häutung, als ein auf Wachstum beruhender Regenerationsvorgang, als direkter Maßstab der Intensität des Stoffwechsels anzusehen. Ruzicka zeigt, daß in erster Reihe der Eiweißstoffwechsel beschleunigt wird, indem die Häutung 1. Aufbau von Protoplasma, 2. Pigmentbildung, 3. Keratinisation (Verhornung) der Oberflächenschicht erheischt, bei welchen Vorgängen vorwiegend Eiweißzufuhr in Frage kommt. Der Eiweißbedarf ist um so größer, als nach Ruzicka nicht bloß bei der Keratinbildung, sondern auch schon bei der Platin-(Zellgrundsubstanz-)Bildung Kondensationsvorgänge in Kraft treten. Er macht darauf aufmerksam, daß der Verhornungsprozeß „in seinem wesentlichen morphochemischen Verlauf das klassische Bild der für den morphologischen Metabolismus charakteristischen Umwandlungen“ bietet, indem sich das Protoplasma der Zellen des Stratum germinativum auf Grund eigener Stoffwechselvorgänge morphologisch und chemisch zu Keratin umwandelt und dabei zugleich stets weniger löslich wird. Außerdem wird es dabei vom Leben (in den untersten, chromatinreichsten, mit regem Stoffwechsel begabten Schichten) zum Tod (in den obersten, chromatinfreien stoffumsatzlosen Schichten) befördert. Während dieses Vorganges verschwinden die Kerne, was ganz in Übereinstimmung mit den früher zitierten Ergebnissen Ruzickas hinsichtlich des Sporenchromatins erklärt wird.

Die Steigerung des Eiweißstoffwechsels durch den Hunger führt zur Steigerung der Keratinbildung und infolgedessen zur Beschleunigung der Häutung. Das wird durch Versuche an Larven bewiesen, welche trotz absoluter Hungerung nicht häuten, weil sie kein Keratin bilden; füttert man sie aber mit Stärke, wodurch man sie länger am Leben erhält, so kann man sie zur Metamorphose und Häutung bringen, besonders, wenn man ältere Larven zum Versuche wählt. Das Eintreten der Keratinisation ist also von dem Zustandekommen eines bestimmten Aggregatzustandes (Hysteresis) abhängig, welcher die morphochemische Struktur des Protoplasmas abändert, was in dem vorliegenden Falle durch eine Strukturwandlung der Cuticula angezeigt wird. Auf Grund des Dargelegten definiert Ruzicka die während der absoluten Hungerung zutretende Beschleunigung der Häutung als einen morphogenen Regulationsvorgang, der von den Stoffwechselvorgängen der Oberhautzellen auf Grund ihrer vom befruchteten Ei aus entwickelten Konstitution je nach dem Grade der Hysteresis bestimmt wird und daher in das Bereich der Erscheinungen des morphologischen Metabolismus zu rechnen ist. Die letzteren machen sich also nicht nur an isoliert lebenden Protoplasten, sondern auch an einfachen Geweben geltend.

Ruzicka schreitet sodann zur Diskussion der Frage, wie sich die Hungerhäutungen zur Verjüngungsfrage stellen. Aus den Untersuchungen Ruzickas geht hervor, daß die im Protoplasma während des Lebens verlaufenden Stoffwechselvorgänge Kondensationen be-

wirken, deren Erfolg sich in der mit dem Alter steigenden Unlöslichkeit des Protoplasmas kundgibt. Diese Erscheinung bezeichnet Ruzicka als Hysteresis des Protoplasmas. Dieselbe ist seinen Darlegungen gemäß Ursache des Alterns und des natürlichen Todes. Die Keratinbildung ist ein Zeichen der Hysteresis; sie endigt mit dem natürlichen Tode der verhornten Gebilde. Indem nämlich jene Kondensationsvorgänge im Protoplasma den Stoffumsatz herabsetzen und schließlich unmöglich machen, erklären sich sowohl die Abnahme der Wachstumsfähigkeit als auch die Atrophien des Alters. Da die Hysteresis mit zu den Erscheinungen des morphologischen Metabolismus gehört, so ergibt sich die Wichtigkeit des letzteren auch für die kausale Erklärung der Lebensalter, des Alterns und des natürlichen Todes.

Ruzicka zeigt, daß die Hysteresis sowohl durch Hungerung als auch durch Überfütterung erreicht wird, wodurch eben begreiflich wird, daß kein lebender Organismus dem natürlichen Tode zu entinnen vermag.

Bedeutet nun aber die Beschleunigung der Häutung eine Verjüngung? Eine Verjüngung könnte durch Steigerung des Stoffwechsels bewirkt werden. Der Hunger bewirkt eine solche, trotzdem kann die nachfolgende Häutung kein Verjüngungsvorgang sein, weil die Stoffwechselsteigerung auch erhöhte Verhornung, also einen Alterungsvorgang im obigen Sinne, verursacht. Der Hunger bewirkt somit nach Ruzicka keine wirkliche Verjüngung, sondern nur eine beschleunigte Erneuerung, bei welcher Jugendstadien vorübergehend auftreten können. Auch die Reduktionen, welche der Hunger bewirkt, sind nicht, wie Child meint, als Verjüngung anzusehen, sondern es schwinden dabei schließlich, wie Ruzicka besonders am Dünndarm zeigt, alle leichter löslichen Bestandteile, während die schwer löslichen zurückbleiben; somit bewirkt der Hunger experimentelle Hysteresis, die zur Atrophie und zum Tode führt, die Hungerreduktionen sind als Alterungserscheinungen aufzufassen. Übrigens sind nach Ruzickas Meinung die vorübergehenden Verjüngungen in komplexen Organismen nur lokal zu erreichen und können dann in den meisten Fällen als pathologische Vorgänge erwiesen werden.

Zum Schluß erörtert Ruzicka die Frage, ob der morphologische Metabolismus allein von Stoffwechselvorgängen bestimmt wird, und zeigt, daß dies tatsächlich zu vermuten ist, indem angenommen werden muß, daß der Stoffwechsel als verwirklichender Faktor eines Entwicklungsstadiums durch diese seine Wirkung zugleich den bestimmenden Faktor für das nächste Stadium schafft.

J. Reiner, Prag.

Über die obere Hörgrenze. Wie das Auge aus dem ganzen Bereich der kurzen elektromagnetischen Schwingungen nur etwa eine Oktave als die Spektralfarben von Blau bis Rot empfindet, so kann das menschliche Ohr aus allen möglichen Schallschwingungen auch nur eine begrenzte Zahl von Oktaven, nämlich etwa 10, aufnehmen. Die obere Grenze liegt bei der 7-gestrichenen Oktave. Genaue Zahlen über die *Abhängigkeit der oberen Hörgrenze vom Lebensalter* geben die Untersuchungen von M. Gildemeister (*Zeitschrift für Sinnesphysiologie* Bd. 50, S. 161, 253, 1918). Nach der in der drahtlosen Telegraphie benutzten Lichtbogenmethode werden Wechselströme von reiner Sinusform erzeugt und durch ein Telefon geschickt. Bei den 72 untersuchten Personen mit normalem Gehör findet er die obere Hörgrenze bei 6½-jährigen Kindern zu 20 000 Schwingungen, etwa d7. Die Hörgrenze nimmt dann langsam bis zum 20. Lebensjahre um 1000 Schwingungen ab. Bis zum 35. Jahre sinkt sie dann

wesentlich rascher bis auf 15 000 Schwingungen. Von diesem Alter bis zur Mitte der Vierziger ist das Sinken wieder etwas langsamer, und mit 47 Jahren liegt die Grenze etwa bei 13 000 Schwingungen. Abweichungen von diesen Mittelwerten um mehr als 2000 Schwingungen nach oben und nach unten treten selten auf. Die fast immer bestehenden Unterschiede zwischen beiden Ohren sind nicht beträchtlich und verschieben die obere Hörgrenze selten um mehr als einige hundert Schwingungen. Die eben mitgeteilten Zahlen sind für reine Luftleitung gefunden. Bei Knochenleitung liegt die Grenze durchschnittlich einige hundert Schwingungen tiefer. Diese Abweichungen sind aber leicht aus der Versuchsanordnung zu erklären und brauchen in Wirklichkeit nicht zu existieren. — Steigert man die Intensität der Töne um etwa das 25-fache, so verschiebt sich die obere Hörgrenze um rund 1000 Schwingungen nach oben. Trägt man die Schwellenwerte, d. h. die Werte der Schallintensität, die im Ohr gerade einen Ton erzeugen, in Abhängigkeit von der Frequenz auf, so erhält man das nach unten durch die Schwellenwertkurve begrenzte Hörfeld. Dieses ist nach oben unbegrenzt. Die seitlichen Begrenzungen müssen noch festgelegt werden, und zwar muß festgestellt werden, ob sie senkrecht zur Frequenzachse verlaufen oder ob sie gegen dieselbe geneigt sind. Nach der Helmholtz'schen Resonanztheorie des Hörens bzw. den Ergänzungen derselben durch O. Fischer müßte sich, infolge der Werte für die Dämpfung der einzelnen Ohrresonatoren, die Grenze durch Intensitätssteigerung noch um etwa einen Ton nach oben verschieben lassen, sie würde also soweit geneigt zur Frequenzachse verlaufen. Zur völligen Klärung dieser Frage müßte aber die Steigerung der Schallintensität um noch größere Beträge erfolgen, als sie *Gildemeister* angewandt hat. Lü.

Die Solarkonstanten-Expedition der Smithsonian-Institution nach Calama in Chile unter der Leitung von *Alfred F. Moore* hat nach der „Science“ vom 27. Dezember 1918 Ende Juli ihre Beobachtungen unter besonders günstigen Bedingungen aufgenommen. Nach dem damaligen letzten Bericht (vom 22. Oktober) hatte sie vollständige Solarkonstantenmessungen ausgeführt, im Juli an 5 Tagen, im August an 27, im September an 18 und im Oktober an 19, also im ganzen an 69 von 88 Tagen. Bei den ausgezeichneten Hilfsmitteln zum Ausrechnen der Beobachtungen waren bei der Abfassung des Berichtes alle vollständig aufgearbeitet. Wenn z. B. meteorologische Zwecke es erforderten, könnte man einen Solarkonstantenwert am Tage der Beobachtung bereits telegraphisch weitergeben. — Trotz des hohen Prozentsatzes an wolkenlosen Tagen befriedigt die Beschaffenheit des Himmels über Calama nicht ganz die Erwartungen wegen des Auftretens beträchtlicher Nebel und der gelegentlichen Bildung von Cirruswolken. Dieser Wechsel in der Durchsichtigkeit der Atmosphäre ist zwar nicht stark genug, um große Irrtümer in den Ergebnissen herbeizuführen (alle Werte liegen bisher zwischen 1,88 und 2,02 cal), aber er ist ein ernstes Hindernis bei der Untersuchung der *Änderungen* der Sonnenstrahlung, die bis auf 1 % der Solarkonstante oder noch genauer gemessen werden sollen. Es sind jetzt erfolgversprechende Arbeiten im Gange, die Durchsichtigkeit der Atmosphäre mit einer Augenblicksmethode zu ermitteln, um die Irrtümer zu vermeiden, die aus dem sich über mehrere Stunden hinziehenden Wechsel der Durchsichtigkeit entstehen können.

Der in Calama bisher ermittelte Durchschnittswert der Konstante ist 1,951 cal pro cm² und min. Das Mittel aller vor dem Jahre 1914 erhaltenen Werte war 1,932. Gegenwärtig ist, nach den Sonnenflecken zu urteilen, die Sonnentätigkeit noch groß, obwohl in der Abnahme. Nach den früheren Messungen der Solarkonstante und den früheren Ermittlungen der meteorologischen Vorgänge sind (nach, dem Bericht) in Calama nach 1 oder 2 Jahren etwas niedrigere Werte der Konstante und etwas mehr wolkenlose Beobachtungsbedingungen zu erwarten. Man hofft, mehrere Jahre in Calama zu arbeiten. — Das Linearbolometer befindet sich im Vakuum, die Angaben des Galvanometers werden photographisch registriert. Jede der bolometrischen Energiespektralkurven beansprucht zu ihrer Aufnahme 8 Minuten.

Chemische Mitteilungen.

Beiträge zur Anwendung des Chlors bei der Desinfektion von Wasser und Abwasser. *R. Weidert* und *B. Bürger* haben mit einem „Elektrolyser“ der Firma Arthur Stahl in Aue (Sachsen) aus verschiedenen Chloriden, darunter auch aus Kaliendlauge und Ostseewasser Hypochloritlösungen bereitet und deren Wirkung auf Trinkwässer und Abwässer verschiedenen Ursprungs untersucht. Bei den Versuchen mit Trinkwasser gelang es durch Verfeinerung der Methoden zum ersten Mal, im Laboratoriumversuch mit ebenso geringen Mengen wirksamen Chlors wie in der Praxis einen guten Desinfektionserfolg zu erzielen. Bei destilliertem und Leitungswasser, das auf 1 ccm etwa 300 000 bis 500 000 Coli-keime enthielt, wurde mit 0,25 bzw. 1 Teil wirksamem Chlor auf 1 Million Teile Wasser binnen einer Stunde stets eine völlige Abtötung aller Coli-keime erreicht. Bei Abwasser wurden je nach dem Grade der vorausgegangenen Reinigung 15 bis 20 Teile wirksames Chlor auf 1 Million Teile Abwasser verbraucht, um die in sehr großer Zahl vorhandenen Coli-keime abzutöten. Die Vorbehandlung des Abwassers erwies sich als sehr wesentlich für die Bemessung des Chlorzusatzes, namentlich müssen Klümpchen und Flocken möglichst sorgfältig aus dem Wasser entfernt werden, da sie leicht Coli-keime einschließen und so der Wirkung des Chlors entziehen. Auf Grund dieser Ergebnisse empfehlen die Verfasser, das Wasser vor der Behandlung mit Chlor einer Schnellfiltration mit oder ohne chemische Zusätze zu unterwerfen und so alle Schwebestoffe zu beseitigen. Auf diese Weise könnte man mit 0,5—1 Teil wirksamem Chlor auf 1 Million Teile Wasser (d. h. 0,5—1 g Cl auf 1 cbm) binnen einer Stunde eine vorzügliche Wirkung erzielen, und dem so gereinigten Wasser würde nur ein äußerst geringer Chlorgeruch und -geschmack anhaften. Die Einwirkung des Chlors muß jedoch stets mindestens 1 Stunde dauern.

Bei der keimtötenden Wirkung der Hypochloritlösungen kommt es nur auf den Gehalt an wirksamem Chlor an, die Natur des Ausgangsmaterials ist ohne Belang. Gegenüber dem Chlorkalk besitzt das Hypochlorit mannigfache Vorzüge, die keimtötende Wirkung ist bei gleicher Konzentration des Chlors dieselbe. Die Lösungen werden an der Verbrauchsstelle hergestellt, wozu nur Salz und elektrischer Strom erforderlich ist. 1 kg bleichendes Chlor stellt sich bei dem untersuchten Apparat auf 56 Pf., wovon 24 Pf. auf das Salz, 25 Pf. auf Stromkosten und 7 Pf. auf Elektrodenverbrauch entfallen. (*Journ. f. Gasbeleuchtung* Bd. 60, S. 478—479.)

Die Entwicklung der Gasfernversorgung. Schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden in Amerika Hochdruck-Ferngasleitungen erbaut, um das den Erdölfeldern entströmende Naturgas nach weit entfernten Orten zu leiten. So erhält z. B. Chicago sein Gas von den Kokemfeldern mittels einer 200 km langen Doppelleitung aus Stahlrohren, die in jedem Rohr stündlich 20 000 cbm Gas zu fördern vermag. In Europa wurde die erste Fernversorgung für Steinkohlengas in der Schweiz in St. Margrethen gebaut, die mit einem Druck von etwa 6 m WS und kleinen Ausgleichbehältern arbeitet. In Amerika verwendet man dagegen wesentlich höhere Drucke (6—8 at) und meist keine Ausgleichbehälter, sondern nur Druckregler. In Deutschland entstanden in den letzten Jahren über 40 Ferngasleitungen, namentlich in Rheinland-Westfalen zur Fortleitung von Koks-ofengas nach den benachbarten Städten. So bezieht die Stadt Barmen seit 1910 mittels einer 50 km langen Fernleitung Koks-ofengas von der Thyssenschen Zeche „Deutscher Kaiser“. Diese Leitung, die über Meiderich, Mülheim-Ruhr, Neviges führt, unterdükert die Ruhr und hat einen Rohrdurchmesser von 500 mm am Anfang und von 400 mm in der zweiten Hälfte. Der Gasdruck auf der Zeche beträgt 0,5 at. Dem Beispiel Barmens folgend, haben etwa 70 Städte ihre eigenen Gaswerke stillgelegt und beziehen heute Zechengas. Im Jahr 1916/17 bezogen diese Städte etwa 187,5 Millionen cbm Gas, an dessen Lieferung 23 Kokereien beteiligt waren.

Die Erzeugung von Leuchtgas auf den rheinisch-westfälischen Zechen hat dementsprechend eine sprunghafte Zunahme erfahren, nämlich von 1,37 Millionen cbm im Jahre 1903 auf 25,8 Millionen cbm im Jahr 1909 und 150,3 Millionen cbm im Jahr 1914.

Diese Entwicklung ist von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Die Ferngasversorgung hat sich namentlich während des Krieges sehr bewährt, die Städte sind dadurch nicht nur von den Unzuträglichkeiten bei der Kohlebeschaffung verschont geblieben, sondern haben auch wesentliche finanzielle Vorteile dabei erzielt. So ist auch in Zukunft mit einer weiteren Ausbreitung der Gasfernversorgung zu rechnen, zumal durch den billigen Preis des Kokereigases die Zunahme des Gasverbrauchs begünstigt wird.

Es ist in diesem Zusammenhang interessant, daß schon im Jahre 1863 *Wilhelm Siemens* dem Stadtrat von Birmingham vorgeschlagen hat, die Kohle am Gewinnungsort zu verarbeiten und das gewonnene Gas sowie den Koks zu verkaufen. Diesen Vorschlag hat er 1867 für Rheinland-Westfalen wiederholt, ohne indessen Gehör zu finden. (*Zeitschr. d. V. D. Ing.* 1918. S. 557.)

Über den Karbolsäuregehalt deutscher Steinkohlenteere berichten *Franz Fischer* und *H. Gröppel* auf Grund eingehender Untersuchungen, die sie im Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung ausgeführt haben. Die Untersuchungen erstreckten sich auf Kokereiteere aus dem Ruhr- und Saargebiet, aus Oberschlesien sowie auf eine Mischung von Gasanstalts-teeren aus verschiedenen Städten. Es wurden jeweils aus einer großen Eisenblase 20 kg Teer bis zu 230° abdestilliert und das übergegangene Öl hierauf mit dem gleichen Volumen 10-prozent. Natronlauge eine Viertelstunde lang auf der Schüttelmaschine kräftig durchgeschüttelt; sodann wurde die Volumenzunahme der Lauge sowie die Volumenabnahme des Öles gemessen. Das letztere wurde zur vollständigen Entfernung der Karbolsäure dann nochmals mit einer kleineren Menge Natronlauge ausgeschüttelt. Die Lösung des Natrium-

phenolats wurde dann zur Entfernung von gelöstem Pyridin und Naphthalin gekocht (klargedampft), hierauf filtriert und mit starker Salzsäure unter kräftigem Umschütteln versetzt, worauf sich die Phenole als dunkelbraunes Öl abschieden. Durch Aussalzen mit Kochsalz wurde aus der salzsauren Lösung eine weitere Menge Phenol gewonnen, das der Hauptmenge hinzugefügt wurde. Die so erhaltenen Rohphenole wurden aus einer kleinen Raschigschen Kolonne destilliert und das von 180—191° Übergehende als Phenolgemisch aufgefangen, dem auch noch das aus dem wässrigen Vorlauf bis zu 180° abgeschiedene Phenol hinzugerechnet wurde. Zur Bestimmung des Karbolsäuregehaltes in diesem Phenolgemisch wurde eine von Dr. *Raschig* aufgestellte Tabelle benutzt, die aus dem Erstarrungspunkt eines Phenol-Kresol-Gemisches den Karbolsäuregehalt zu ermitteln gestattet. Zuvor wurde die Richtigkeit dieser Tabelle mit Hilfe eines aus reiner Karbolsäure und synthetischem Kresol hergestellten Gemisches nachgeprüft, wobei sich ergab, daß die Tabelle annähernd richtige Werte liefert.

Auf diese Weise wurden aus Kokereiteer des Ruhrgebietes 1,1 % Rohphenole und 0,38 % Reinphenol erhalten, das ungefähr 40 % Karbolsäure enthält. Somit enthält der ursprüngliche Teer 0,15—0,18 % reine Karbolsäure. Der Kokereiteer aus dem Saargebiet enthielt 2,1 % Rohphenol bzw. 0,9 % Reinphenol bzw. 0,51 % Karbolsäure. Der oberschlesische Teer enthielt 1,5 % Rohphenol bzw. 0,7 % Reinphenol bzw. 0,41 % reine Karbolsäure. Ein Gemisch aus Gasteer von fünf verschiedenen Städten schließlich enthielt 4,4 % Rohphenole bzw. 1,8 % Reinphenol bzw. 0,89 % Karbolsäure. Wie man hieraus sieht, ist der Gasteer erheblich reicher an Karbolsäure und Kresolen als der Kokereiteer. Schließlich wurde auch noch bei zwei von den untersuchten Teeren der Naphthalingehalt bestimmt, der bei Saarteer 3,75 % und bei oberschlesischem Teer 3,80 % betrug. (*Zeitschr. f. angew. Chemie*, 30. Jahrg., Bd. I, S. 76—78.)

A. Sander, Darmstadt.

Wohlfeiler Platindraht-Ersatz zur Erzeugung von Flammenfärbungen. Den Platindraht, den man in chemischen und physikalischen Laboratorien zur Erzeugung von Flammenfärbungen zu benutzen pflegt, kann man einfach und billig durch einen Streifen Filtrierpapier ersetzen. Um eine Salzlösung auf Flammenfärbung zu prüfen, tränkt man einen mehrfach gefalteten schmalen Streifen reinen Filtrierpapiers mit dieser Lösung und bringt dann das feuchte Ende des Streifens in die äußeren Partien einer Bunsenflamme. Liegen feste, unlösliche Salze vor, so taucht man den Streifen in verdünnte Salzsäure und bestreut ihn mit dem Salz. Man erhält in beiden Fällen eine gute, reine Flammenfärbung, die so lange anhält, wie das Filtrierpapier durch die Feuchtigkeit und das Salz vor dem Verbrennen geschützt wird. Es gelingt auch, nach dieser Methode monochromatische Dauerflammen zu erzeugen. Man braucht hierzu nur das eine Ende eines Filtrierpapierstreifens in ein mit der Salzlösung (z. B. NaCl) gefülltes Schälchen dauernd einzutauchen und das andere Ende in die Bunsenflamme einzuführen. Ein leichtes Verkohlen des Filtrierpapiers schadet durchaus nichts, da sich bald eine Salzkruste bildet, die durch ihre Porosität immer frische Lösung ansaugt.

A. Ehringhaus, Göttingen.

Astronomische Mitteilungen.

Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Unter diesem Titel veröffentlichte A. Einstein in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie (1917) eine Arbeit, in der er zu dem Ergebnis gelangt, die Welt sei als ein sphärisches Kontinuum anzusehen. Schon K. Schwarzschild (Vierteljahrsschrift d. Astr. Gesellschaft 1900) hielt es für angemessen, die Tatsache der Endlichkeit des Fixsternsystems durch die Annahme zu erklären, der Raum sei kein euklidischer, sondern ein elliptischer. Seine Ideen wurden von P. Harzer weiter ausgeführt und in einer größeren Abhandlung („Die Sterne und der Raum“, Jahresbericht d. Deutschen Math.-Vereinigung Bd. 17, 1908) auf die v. Seeligerschen Untersuchungen über die Sternverteilung angewandt. Es zeigte sich, daß eine vollkommene Sternerfüllung des endlichen elliptischen Raumes mit den vorhandenen Erfahrungstatsachen nicht verträglich sei.

Es ist nun interessant, daß die Endlichkeit des Raumes auch eine Folge von Einsteins neuer Gravitationstheorie zu sein scheint. Er argumentiert nämlich ungefähr so: Im allgemeinen gibt es kein konstantes Krümmungsmaß des Raumes, sondern in jedem Punkt wird die Krümmung durch die vorhandenen Massen bestimmt. Eine Masse besitzt nur gegenüber anderen Massen Trägheit, nicht gegenüber dem leeren Raum. Ist also ein Massenpunkt von allen, übrigen unendlich weit entfernt, so sinkt seine Trägheit zu Null herab. Dieser Umstand zieht eine unendlich große Energie im Unendlichen nach sich, d. h. kein Massenpunkt oder Lichtstrahl kann ins Unendliche gelangen. Eine unendlich große Energie im Unendlichen steht aber in Widerspruch mit der Tatsache der gegenüber der Lichtgeschwindigkeit c kleinen Sternengeschwindigkeiten, die auf eine kleine Potentialdifferenz zwischen Endlichem und Unendlichem hindeuten. Man müßte folglich darauf verzichten, allgemein gültige Grenzbedingungen für das Unendliche aufzustellen, solange man einen unendlich ausgedehnten Raum voraussetzt. Diese Schwierigkeit wird jedoch beseitigt, wenn man die Welt als ein räumlich geschlossenes Kontinuum ansieht, weil es dann überhaupt keine derartigen Grenzbedingungen gibt. Unter der Voraussetzung einer konstanten mittleren Dichte ρ_0 des Universums gelangt Einstein nach einer kleinen Abänderung seiner Feldgleichungen zu dem Resultat, daß dieses Kontinuum im großen und ganzen ein sphärischer Raum vom Radius R sei. Dabei ergibt sich die interessante Beziehung:

$$\frac{4\pi k^2 \rho_0}{c^2} = \frac{1}{R^2}$$

wenn k^2 die Gravitationskonstante bedeutet. Referent hat aus dieser Gleichung einige Folgerungen über den Bau des Universums gezogen („Das Newtonsche Gesetz in nichteuklidischen Räumen“, Sitz.-Ber. d. Wien. Akad. 1917). Entgegen Einstein betont H. Weyl in seinem Buche „Raum, Zeit, Materie“ (Berlin 1918), daß die Differentialgleichungen des Gravitationsfeldes die vollständigen Naturgesetze enthielten und keiner weiteren Eingrenzung durch Randbedingungen im räumlich Unendlichen bedürften. Jedoch führt auch ihn das Problem der gleichmäßigen Verteilung ruhender Sterne in einem statischen Gravitationsfeld zu der-

selben Modifikation der Feldgleichungen, wie sie Einstein vornehmen mußte. Die weitere Folge ist wieder der sphärische oder elliptische Raum.

Zur Stellarstatistik. Die seinerzeit von C. V. L. Charlier begonnenen statistischen Untersuchungen über das Fixsternsystem sind in ein interessantes Stadium getreten. Der berühmte Astronom und seine Schüler sind nämlich daran, alle Sterne bis zur sechsten Größe statistisch bezüglich ihrer Lage und Geschwindigkeit zu bearbeiten, und zwar gesondert nach den einzelnen Spektralklassen. Bis jetzt liegen vor abgeschlossene Untersuchungen über die Sterne der Typen B (Charlier), O (Gyllenberg), A (Malmquist) und F (Lundahl); die übrigen werden derzeit noch bearbeitet. Das zugrunde liegende Material lieferten Boss' Preliminary General Catalogue und Harvard Annals Bd. 50, 56, 76. Um die Lage jedes einzelnen Sterns durch drei Raumkoordinaten ausdrücken zu können, war es aus Mangel an Parallaxen notwendig, eine der Wirklichkeit möglichst nahe kommende Annahme zu machen. Dies gelang Charlier in folgender Weise: Die scheinbare Größenklasse ist im allgemeinen eine Funktion der Entfernung, des Radius und der Temperatur des betreffenden Sterns. Denkt man sich nun alle Sterne in einen solchen Abstand versetzt, daß sie sämtlich von der Größe Null erscheinen, so wird diese Distanz nur mehr von dem Radius und der Temperatur jedes Sterns abhängen. Es zeigt sich, daß diese Entfernung im allgemeinen für sämtliche Sterne eines und desselben Spektraltypus, wenigstens bei den ersten Typen mit hoher Temperatur (O, B, A und evtl. noch F), so ziemlich als konstant betrachtet werden kann, also gerade bei denen, wo der Unterschied zwischen Riesen- und Zwergsternen noch nicht merklich ist. Sie ergibt sich bei der Berechnung von Sonnenapex und -geschwindigkeit durch Gegenüberstellung der aus den Eigen- und Radialbewegungen erhaltenen Daten und gestattet mit Hilfe der scheinbaren Größe die Entfernung jedes einzelnen Sterns zu bestimmen. Dadurch ist man jetzt instand gesetzt, die Komponenten der Eigenbewegung in linearem Maße anzugeben.

Unter Voraussetzung einer normalen Häufigkeitsfunktion vom Typus A für die Lage- und Geschwindigkeitsverteilung ergaben sich folgende Resultate: Das System der B-Sterne zeigt ungefähr die Gestalt eines Rotationsellipsoids, dessen Achse nach dem Pol der Milchstraße weist. Seine Ausdehnung beträgt beiläufig 60 Sm (Siriometer) in der Richtung der Polarachse und 200 Sm in der galaktischen Ebene. Das Zentrum liegt in der Richtung $\alpha = 7,7^h$, $\delta = -55.6^\circ$ ungefähr 18 Sm von der Sonne entfernt (bei ϵ Carinae). Eine ähnliche Verteilung, natürlich mit etwas anderen Zahlen, folgt aus der an Zahl bedeutend geringeren Menge der O-Sterne. Die Fläche der Geschwindigkeitsverteilung ist bei den B-Sternen ein dreiaxiges Ellipsoid, dessen Achsen, der Größe nach geordnet, zum Zentrum, Vertex und galaktischen Pol weisen, während sich beim A- und F-Typus ein ca. im Verhältnis 1:2 verlängertes Rotationsellipsoid mit einer zum Vertex zielenden Achse herausstellt. Die besprochenen Untersuchungen sind veröffentlicht in den Meddel. fr. Lunds astr. Obs. Nr. 67, 68, 75, 76, 77; Ser. II, Nr. 14. J. Lense.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 15.

11. April 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Über experimentelle Strahlentherapie. Von *Priv.-Doz. Dr. Erich Kuznitzky, Breslau*. S. 233.

Ist ein Bedürfnis für hochwertige Konservengläser vorhanden? Von *Dr. H. Thiene, Jena*. S. 238.

Europas meteorologische Hochstationen vor dem Kriege. Von *Prof. Dr. F. Klengel, Plauen i. V.* S. 241.

Mineralogisch-petrographische Mitteilungen:

Ob in den Zeolithen das Wasser chemisch gebunden oder nur in physikalischer Anlagerung enthalten ist. Gleichgewichte beim Austausch der Basen im Permutit. Hydrothermale Mineralbildung. Minerogenetische Verhältnisse in den Ablagerungen der Kalisalzvorkommen. Schmelzen von kristallwasserhaltigen Kalisalzen. Resultate der geometrischen Strukturtheorie. Bestimmung der Struktur von Kristallen komplizierter Ver-

bindungen. Kristallstruktur des Alauns. Koordinationslehre in ihrem Zusammenhang mit den neueren Ergebnissen der Forschung über die Kristallstruktur. Kristallstruktur des Calcits. Untersuchung der phototropen Eigenschaften des β -Tetrachlor- α -Ketonaphthalins. S. 243—248.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:
Die Beziehungen des Gruber-Widal zum Fleckfieber und zur Weil-Felix-Reaktion. Über das Verhalten lebender Froscheier und Froschlarven im destillierten Wasser. Die Regenerationsfähigkeit der Seeigelstacheln. Walfischfleisch als Nahrungsmittel. Eine neue Form der Kohlenuntersuchung. Wiederentdeckung der Wandertaube. Langlebigkeit von Pflanzensamen. Zur Psychologie der Autoführer. Ballistischer Trabant der Erde. S. 248—250.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen):

Annalen der Physik; 1918, Nr. 11—19. S. 250.

Elektrische Heizkissen

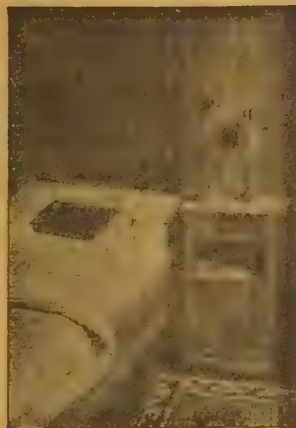
Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheisswerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 86,— für den Jahrgang, M. 9,— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich — 6 13 28 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagshandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6030—53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Vortrag

Prof. Dr. **Albert Einstein**

Mitgl. der Akademie der Wissensch.

Grundgedanken der Relativitätstheorie

Sonntag, den 13. April, abends 8 Uhr

**Aula der Viktoria-Luiseschule,
Berlin, Gasteiner- Ecke Uhlandstraße**

Karten zu M. 2.— bei Bote & Bock, Berlin, und
an der Abendkasse. Ertrag zum Besten der
Sozialistischen Studentenpartei Gr. T. H.

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die
Entstehung und die Verwendung von Bern-
stein, sowie einzelne Stücke mit tierischen
und pflanzlichen Einschlüssen liefern

**Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.**

(152)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie

Von **Erwin Freundlich**

Zweite, erweiterte und verbesserte Auflage
1917. Preis M. 3.60. (*Teuerungszuschläge.)

Wenig gebrauchtes

Astronomisches Fernrohr
auf Stativ mit Gradscheibe und Winkelteilung.

1 m lang,
65 mm Objektivöffnung,

1 terrestrisches } Okulare,
3 astronomische }

Einstellung des Okulors durch Zahn und Trieb,
preiswert zu verkaufen.

H. C. Kröplin, Bützow i. Mecklbg.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

11. April 1919.

Heft 15

Über experimentelle Strahlentherapie¹⁾.

Von Priv.-Doz. Dr. Erich Kuznitsky,

Oberarzt der Universitäts-Hautklinik, Breslau.

Unter der Bezeichnung „experimentelle Strahlentherapie“ kann man alle im Hinblick auf die Therapie angestellten Versuche zusammenfassen, die sich mit der *Wirksamkeit von Strahlen auf den lebenden Organismus beschäftigen*. Nun besteht bereits eine außerordentlich große Zahl von Einzelbeobachtungen auf diesem Gebiete, es fehlt aber, wie Halberstädter, der diesen Begriff geprägt hat, mit Recht betont, „eine rationelle, vergleichende und analytische experimentelle Strahlentherapie in dem Sinne, wie wir eine Chemotherapie haben“. Wie das experimentelle chemisch-therapeutische Arbeiten jetzt die Grundlage für den Fortschritt der Therapie am Menschen bildet, so ist auch kein Zweifel, daß wir den raschen Aufstieg der Strahlentherapie in den letzten Jahren wesentlich experimentellen Studien zu verdanken haben. Dabei soll nicht vergessen sein, daß allerdings die Verwendbarkeit von Licht-, Röntgen- usw. Strahlen an sich für die Therapie lediglich empirisch gefunden wurde.

Der Vergleich mit der Chemotherapie läßt sich weiter ausführen. Chemotherapie ist heute fast ausschließlich eine Laboratoriumswissenschaft. Wer sie experimentell erforscht, arbeitet meist nur nach rein theoretischen Gesichtspunkten. Er entbehrt gewöhnlich der klinischen Erfahrungen am kranken Menschen, und die Beobachtungen am kranken Tier sind auf menschliche Verhältnisse nicht ohne weiteres übertragbar. Das muß also durch spätere Zusammenarbeit mit dem Kliniker ausgeglichen werden, die jedoch meines Erachtens wohl nicht ganz den früher vorhandenen Komplex ersetzen kann, als Experimentator und Kliniker ein und dieselbe Person waren. Auf die Gründe, die zu dieser Verschiebung geführt haben, brauche ich hier nicht einzugehen, ich möchte aber darauf hinweisen, daß sich genau die gleichen Vorgänge jetzt auf dem Gebiet der experimentellen Strahlentherapie abspielen. Noch wird die Strahlenbehandlung zumeist von Ärzten ausgeübt, die eine längere Ausbildung in irgendeinem der medizinischen Spezialfächer genossen haben, und die diese Behandlungsart gewissermaßen im „Nebenberuf“ fortbilden. Es sind aber auf der anderen Seite Bestrebungen zu erkennen, rein physikalische Gesichtspunkte in den Vordergrund zu stellen und nur nach diesen ohne ge-

nügende Beachtung klinischer Bedenken das therapeutische Handeln einzurichten. Eine derartige Einseitigkeit muß bei der intensiven Einwirkungsfähigkeit der Strahlen zu Mißständen führen, und tatsächlich liegen auch schon Beobachtungen von Schädigungen infolge eines solchen Vorgehens vor. Also auch hier ist die enge Zusammenarbeit des Physikers mit dem Kliniker — und für unser spezielles Gebiet aus leicht begreiflichen Gründen mit einem dritten Faktor, dem Techniker — ein unumgängliches Erfordernis. Wie fruchtbar dieses übereinstimmende Zusammengehen sein kann, zeigt wohl am besten das jüngst erschienene bedoutsame Buch des Klinikers Krönig und des Physikers Friedrich.

Nun wird es zweckmäßig sein, bei dem enormen Umfang des vorliegenden Materials die Grenzen unserer Betrachtung einzuengen. So wollen wir hier davon absehen, von den Wirkungen auf den lebenden Organismus zu sprechen, die von den *Lichtstrahlen* ausgehen. Diese interessanten und nach jeder Richtung hin wichtigen Beobachtungen sind bereits von Salomon, Aschoff, Jesionek u. a. zusammengestellt worden und haben in letzter Zeit durch Neuberg eine vorzügliche zusammenfassende Bearbeitung erfahren. Es sei immerhin hier erwähnt, daß die ersten systematischen Experimente in das Jahr 1824 zurückreichen, daß sich an dieses Datum eine Reihe von Versuchen auf breiter Grundlage anschließt, die in den letzten Jahrzehnten mit den Errungenschaften von Physik und Chemie konform gehen, und daß alle gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen in der genialen Idee *Finsens* gipfeln, des Mannes, welcher die oben angedeutete sinn-gemäße Vereinigung von Kliniker und Experimentator verkörpert. Außer dieser Entdeckung *Finsens*, von der eine eigene Forschungsrichtung ihren Ausgang nahm, war für uns Mediziner noch die Feststellung der Sensibilisierung durch Lichtstrahlen außerordentlich wichtig, weil sie ihrerseits wiederum zur Aufklärung bisher völlig dunkler Krankheitsbilder führte. Auf dem Vorhandensein sensibilisierender Substanzen im Zusammenwirken mit den Lichtstrahlen beruhen, wie man heute allgemein annimmt, die Hauterkrankungen bei Pellagra, bei Hydroa vacciniformis, die Buchweizenkrankheit der Rinder, Schafe und Schweine (Fagopyrismus) und vielleicht auch die Hauterkrankungen bei Xeroderma pigmentosum.

Wir wollen hier nur die biologischen Wirkungen betrachten, die durch Röntgen- resp. Radium- oder Mesothoriumstrahlen ausgelöst werden. Diese Strahlung stellt nun keine einfach defi-

¹⁾ Nach einem am 28. Januar 1919 gehaltenen Vortrage.

nierte physikalische Energie, sondern eine sehr kompliziert und vielfach zusammengesetzte Summe dar, so wie sie von der Röntgenröhre oder den radioaktiven Elementen emittiert wird. Die β - und γ -Strahlen, aus denen im wesentlichen die Einfallsstrahlung bei beiden Strahlenquellen besteht, sind also das biologische Angriffsmittel, wobei zunächst nicht erörtert werden soll, welche von diesen Strahlenarten als Ursache für die Wirksamkeit verantwortlich gemacht werden kann.

In der Fülle der Einzelercheinungen lassen sich bei vorsichtiger Scheidung einige Kristallisationspunkte erkennen, um welche herum die Äußerungen der Strahlenwirkung auf den lebenden Organismus gruppiert werden können. Wohl als erster läßt sich das Phänomen der *Radiosensibilität* herausheben. Seine Entdeckung und weitere Erforschung ist vor allem eng mit dem Namen *Kienböcks* verbunden; man versteht darunter die spezifische Empfindlichkeit gewisser Gewebe gegenüber der einfallenden Strahlung. Diese Sensibilität kann sehr ausgesprochen sein und sowohl normale Organe (Testes, Ovarium, Milz usw.), als auch pathologisch veränderte Gewebe (chronische Entzündung, Tumoren) betreffen. Sie reagieren bei Bestrahlungen unmittelbar mit Zellerkrankung (oder sogar Zelltod) und nachfolgender Atrophie, und zwar bereits auf Dosen, die dem umgebenden anders empfindlichen Gewebe scheinbar nichts anhaben. Man spricht dann auch wohl von „elektiver Wirkung“. Geht man dem Grunde für die Radiosensibilität nach, so findet man als gemeinsames Merkmal der betreffenden Gewebe, daß sie aus jungen, wachsenden, reifenden und sich intensiv teilenden Zellen bestehen. Diese sind ganz besonders strahlenempfindlich, und wir sehen, daß vor allem hierauf die Radiosensibilität beruht. Sie ist individuell (Männer, Frauen, Kinder), organweise und innerhalb eines und desselben Organes (z. B. auf der Haut: Gesicht, Rücken) ganz verschieden abgestuft, bis zur scheinbaren „Unempfindlichkeit“.

Man hat in neuester Zeit die größeren Unterschiede der Organempfindlichkeit mathematisch auszudrücken versucht. Gelänge es mit Sicherheit, einen „Sensibilitätsquotienten“ für verschiedene Gewebsarten, z. B. für Haut und Ovarium, festzulegen, so wäre dies begreiflicherweise von hoher praktischer Bedeutung. Ausgehend von den grundlegenden Forschungen *Christens* auf diesem Gebiete, haben sich verschiedene Autoren, wie *Wintz*, *Krönig* und *Friedrich* u. a. erfolgreich um diese Aufgabe bemüht, die Resultate sind jedoch heute wohl noch nicht allgemein verwertbar.

Die Strahlenempfindlichkeit der Gewebe können wir ganz gut mit „natürlicher Radiosensibilität“ bezeichnen. Diese ist aber bei den verschiedensten Organen nicht in erwünscht hohem Maße ausgesprochen, jedenfalls nicht hoch genug, um bei den ohne Schädigung anwendbaren Strahlendosen therapeutisch zu genügen. Man

war deshalb in der experimentellen Strahlentherapie bemüht, die natürliche Radiosensibilität durch *künstliche Mittel* absichtlich zu *steigern*, die Gewebe zu „sensibilisieren“. Dies ist auf verschiedene Weise geschehen, der Erfolg aber zum mindesten noch zweifelhaft, da die Berichte hierüber sich oft widersprechen. Es wurde die physikalische Sensibilisierung mittels Wärmeapplikation und Diathermie (*Bernd, Müller* (Immenstadt), *Behring* und *Meyer*, *Krönig* und *Friedrich* u. a.) angewendet und auch die chemische versucht, indem gewisse Substanzen, wie Cholin, welches selbst strahlenähnlich wirken soll, oder Eosin, Erythrosin u. a., welches photochemische Mittel sind, dem Organismus einverleibt wurden. An Stelle der letztgenannten photoaktiven Substanzen, die wohl auf Licht reagieren, bei denen jedoch eine Sensibilisierung durch β - und γ -Strahlen von vornherein sehr wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat, könnte man eher Aufschwemmungen von den wasserunlöslichen Körpern wie Zinksulfid, wolframsäurem Kalk, Bariumplatinocyanür u. a. verwenden. Intratumoral injiziert, wäre es z. B. leicht möglich, daß sie infolge ihrer Eigenschaft, beim Auftreffen von γ -Strahlen zu fluoreszieren, zu einer erhöhten Wirkung beitragen.

Außerdem hat man sich noch, um die Strahlenwirkung zu erhöhen, der Sekundärstrahlung bedient, welche entsteht, wenn β - und γ -Strahlen mit festen Körpern, insbesondere mit Metallen, zusammentreffen. Bei tieferliegenden Affektionen glaubte man, durch innerliche Darreichung von metallischen Präparaten wie Jod, Arsen, Eisen und anderem eine Erhöhung der Strahlenwirkung zu konstatieren, besonders wird von einer solchen bei Verabfolgung von Arsen berichtet. Auch experimentell (*Halberstädter* u. a.) ist es gelungen, eine derartige Sensibilisierung zu erzielen. Es erscheint jedoch ratsam, hier noch weitere Versuche abzuwarten, jedenfalls ist aber dieser Weg als aussichtsvoll zu bezeichnen. Schließlich soll die Beobachtung nicht vergessen sein, daß sich die Empfindlichkeit eines Gewebes auch mit wiederholter Bestrahlung steigern kann.

Über die natürliche Strahlensensibilität können wir etwa das Folgende aussagen: *Röntgen- und Radiumstrahlen wirken durch direkte Zellschädigung* (*Holzschnecht*). Der Angriffspunkt ist wahrscheinlich immer in erster Linie der Kern, und zwar besonders, wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, der sich *teilende Kern*. Hierfür kann man als Beleg die Versuche *Halberstädters* anführen, welcher Trypanosomen bestrahlte und sah, daß sie bei einer bestimmten Dosis ihre Fortpflanzungsfähigkeit einbüßten, während ihre Beweglichkeit noch erhalten blieb. Ferner stellte *O. Hertwig* bei Bestrahlung von befruchteten Eizellen Verlangsamung der Teilung bis zum Stillstand sowie pathologische Kernteilungsfiguren und Kerne fest. Fortpflanzungsfähigkeit und normaler Befruchtungsvorgang sind aber beides nach allgemeiner Anschauung vitale Funktionen

des (Chromatins des) Kerns, so daß eine Störung derselben wohl auf eine Kernschädigung zurückgeführt werden muß.

Nicht immer braucht der Kern *total* geschädigt zu sein, es kann, besonders wenn geringe Strahlungsmengen nur kurze Zeit einwirken, zu einer *partiellen Schädigung* kommen. Die Folge davon wird dann auch eine partielle Störung seiner Funktionen sein. Als Beispiel dafür können wiederum die oben erwähnten Bestrahlungsversuche *Halberstädters* an Trypanosomen gelten, in denen das Erlöschen der Fortpflanzungsfähigkeit zuerst zu konstatieren war. Wir finden hier einen bestimmten Teil der Kernfunktion sensibler als andere Teile. Nicht überall trifft dies zu. Eigene Erfahrungen an Gonokokken, die einer schwachen Bestrahlung mit α -Strahlen ausgesetzt wurden, sprechen im Gegenteil dafür, daß das Wachstum nicht erkennbar geschädigt zu sein braucht, obwohl andere Eigenschaften der Gonokokken, wie z. B. diejenige, Säure zu bilden, bereits aufgehoben sind. Ähnliche Beobachtungen, besonders an farbstoffbildenden Bakterien, sind auch von anderen Autoren gemacht worden. Hierher gehört auch die experimentelle Störung des Wachstums von tierischen Embryonen und Pflanzenkeimlingen. Die Mißbildungen strahlenkranker Froschlarven in den berühmten Versuchen von *O. Hertwig* sowie die Verkümmern im Wachstum bestrahlter Pflanzenkeimlinge bilden hierfür anschauliche Beispiele.

Es wird auch behauptet, daß nicht nur der Kern, sondern auch das *Plasma* der Zelle direkt durch die Strahlung beeinflusst wird. Man stellt sich die Plasmaschädigung so vor, daß die normalen Fermentvorgänge in der Zelle derart beeinträchtigt werden, daß eine Veränderung des gesamten Zellstoffwechsels und damit die Erkrankung der Zelle resp. der Zelltod herbeigeführt wird. Danach würde die Wirksamkeit autolytischer Fermente in Kraft treten.

Der Gesetzmäßigkeit der Wirkung, welche die β - und γ -Strahlen ausüben und welche immer ihren Ausdruck in einer direkten *Zellschädigung* findet, entspricht eine Gesetzmäßigkeit in der *Reaktionsart der Gewebe*. Wir können sehen, daß es immer einer bestimmten Zeit bedarf, die wiederum abhängig ist von dem Grade der Empfindlichkeit des Gewebes und der Höhe der absorbierten Dosis, ehe sich die Bestrahlung auswirkt. Innerhalb dieser Latenzzeit vorgenommene Bestrahlungen können kumulative Wirkung haben. Ist die Strahlendosis hinreichend groß gewesen, und hat die beeinträchtigende Wirkung auf die Zellen einen genügenden Grad erreicht, so sehen wir auf der Haut außer dieser unmittelbaren direkten noch eine mittelbare Strahlenwirkung eintreten. Sie besteht in einer Entzündung, mit welcher das Gewebe in spezifischer Weise antwortet. Es kommt ein Erythem der Haut zustande, verbunden mit Haarausfall, das sich je

nach der Größe der verabfolgten Strahlenmenge entweder zurückbilden oder weiter entwickeln kann. Im letzten Falle entsteht eine Hautentzündung der heftigsten Art mit Blasenbildung. Schreitet dieser Prozeß fort, so kommt es zur Entwicklung des Röntgenulcus, welches in seinem klinischen Aussehen, wie auch wegen seiner außerordentlich geringen Heilungstendenz ganz charakteristisch ist. Es kann sich aber auch durch immer wiederholte Strahleneinwirkung ein chronischer Entzündungszustand der Haut herausbilden, wie er besonders häufig früher bei Röntgenologen und bei dem Röntgenpersonal anzutreffen war. Diese chronische Röntgendermatitis gibt dann öfter den Boden für maligne Neubildungen, vor allem für das Röntgencarcinom ab. Den Hautveränderungen gemeinsam ist klinisch: die lange Dauer der Erkrankung, die sich über Wochen, bei den heftigeren Erscheinungen sogar über viele Monate erstrecken kann, und pathologisch-anatomisch: der Befund einer eigenartigen Gefäßwandveränderung, einer vakuolisierenden Degeneration der Muscularis und einer Intimaverdickung (*Gaßmann*), den man bis tief in die Unterhaut hinein in solchen Stadien an den Gefäßen erheben konnte, und der wohl den torpiden Verlauf erklärt. Wenn die schwereren Hauterscheinungen zur Abheilung gelangen, so ist das Endprodukt immer, bei den leichteren Entzündungsformen öfter, eine Atrophie der betreffenden erkrankten Stelle, die mit ihrem porzellanartig weißen Aussehen, einer braunen Pigmentierung und den sich späterhin bildenden, äußerst zahlreichen, feinsten roten Teleangiectasien auf der Haut ein ganz eigenes getigertes, landkartenähnliches Bild gibt, welches für diese Strahlenschädigung immer charakteristisch ist.

Wenden wir uns nun der Frage zu, durch welchen chemischen Prozeß letzten Endes die Reaktion des Gewebes sowohl als auch des Zellelementes auf die einfallenden Strahlen bedingt wird, so müssen wir gestehen, hierauf eigentlich keine bestimmte Antwort geben zu können. Der *Chemismus der Strahlenwirkung* ist zurzeit noch ungeklärt. Die namentlich durch *Werner* vertretene Hypothese, daß das durch Strahlung zersetzte oder wenigstens „labilisierte“ Lezithin die hauptsächlichste biologische Strahlenwirkung hervorruft, da z. B. eines seiner Zersetzungsprodukte, das Cholin, Röntgen- oder Radiumstrahlen ähnliche Effekte besitze, besteht wohl nicht zu Recht; chemischer Kritik (*Wohlgemuth, Neuberg* u. a.) hat sie nicht standhalten können, und auf der anderen Seite entzog ihr das biologische Experiment völlig den Boden. So erhielt *Hertwig* nur dann radiumkranke Embryonen, wenn er vor der Befruchtung die Spermatozoen bestrahlte. Machte er denselben Versuch mit ausschließlicher Bestrahlung der Eier, so waren die entstehenden Tiere normal. Wäre die Lezithintheorie richtig, so hätten auch nach der Bestrahlung der Eier

und nicht nur der Spermatozoen strahlenkranke Individuen entstehen müssen, da das Ei das hauptsächlichste, im Vergleich mit dem des Spermatozoon riesige, Lezithinhaltige Depot besitzt. Tatsache scheint jedenfalls, daß im Blute bestrahlter Tiere Cholin auftritt, was auf vermehrten Lezithinzerfall hindeutet, und dieser wiederum ist auf eine Beschleunigung der Autolyse durch die Strahlung zurückgeführt worden. Jedoch ist auch diese durch *Neuberg* und *Wohlgemuth* geäußerte Ansicht hier zur Erklärung nicht ausreichend, da sie auf Experimenten mit Radium fußt, bei denen nicht nur β - und γ -Strahlen, sondern auch α -Strahlen (in Form von Emanation) zur Wirkung gelangten. Man ist nämlich heute geneigt, das Ergebnis dieser Versuche als α -Strahleneffekt zu deuten, und zwar deshalb, weil nach *Bickel* u. a. den β - und γ -Strahlen kein oder nur ein geringer Einfluß auf die Fermentwirkung zusteht.

Auch sonst hat sich die Annahme einer direkten chemischen Wirkung von Strahlen auf den lebenden Organismus nicht bestätigt. Man hat unter anderem behauptet, daß zwar nicht β - und γ -Strahlen, wohl aber die α -Strahlen eine Einwirkung auf die Löslichkeit des Mononatriumrates besäßen. Diese namentlich von *Gudzent* und *Mesernitzky* vertretene Anschauung wurde bald von *Kerb* und *Lazarus*, von *Knaffl-Lenz* und *Wichowski* u. a. bestritten und von ihnen eine zufällige Bakterienwirkung als ursächliches Moment für die Zersetzung der Harnsäure angenommen. Experimentelle Erfahrungen (*Wessely*) am Tier, sowie eigene Beobachtungen an einem Kranken mit Einlagerung von Harnsäurekristallen in der Hornhaut des Auges, beide bei Einwirkung von α -Strahlen gesammelt, lassen ebenfalls eine direkte chemische Beeinflussung als ausgeschlossen erscheinen.

Mit *Neuberg* wird man die „Vorstellungen, daß radioaktive Stoffe in den medikamentös verabfolgten Dosen im lebenden Organismus . . . einen direkten Abbau organischen Materials bewirken, vorläufig von der Hand weisen. Am ehesten wird man bei Anwendung in der Biologie an katalytische Effekte der radioaktiven Substanzen und an Beziehungen derselben zu enzymatischen Prozessen denken müssen“. Dasselbe gilt wohl auch für die Röntgenstrahlen. Hinsichtlich der Enzyme trifft diese Anschauung für α -Strahlen zu. Für β - und γ -Strahlen ist sie nach dem Vorhergesagten sehr zweifelhaft (*Bickel* u. a.). Ebenso verhält es sich mit der Katalyse. Eigene Versuche an Gonokokken mit einer Kombination von Thorium X und einem chemischen Desinfizienzien, deren Resultate anfangs nur unter Annahme eines katalytischen Effektes erklärbar schienen, ließen bei Verringerung der α -strahlenden Substanz auf die Hälfte erkennen, daß das Gemisch unwirksam wird, was doch nicht der Fall sein durfte, wenn eine katalytische Wirkung der α -Strahlen vorauszusetzen war.

Für die harten Röntgen- und die γ -Strahlen des Radiums war bis in die letzte Zeit hinein die Anschauung vorherrschend, daß ihre biologische Wirksamkeit nicht nur ihrem Absorptionswert äquivalent sei, sondern sogar noch darüber hinausgehe. Die Auffassung von einem solchen, der harten Strahlung zugeschriebenen, nur ihr eigenen biologischen Effekt würde gleichbedeutend sein mit der Annahme einer katalytischen Wirkung der Strahlen.

Man machte eben aus der Not eine Tugend. War man bei den Tiefenbestrahlungen innerer Organe oder Tumoren notwendigerweise dazu gekommen, immer mehr die harte und härteste Strahlung zu bevorzugen, weil sie die Haut am wenigsten alterierte und man deshalb bedeutend größere Strahlenmengen in die Tiefe schicken konnte, so sollten experimentelle und vor allem klinische Beobachtungen beweisen, daß gerade diese Strahlenart die biologisch wirksamste sei. *H. Meyer* und *Ritter* schufen die experimentelle Unterlage für diese Ansicht durch Bestrahlung von Erbsenkeimlingen, dieselben Autoren, ferner *F. M. Meyer*, *Frank Schultz*, *Pagenstecher*, *Wetterer* u. a. äußerten auf Grund klinischer, besonders dermatologischer Beobachtungen dieselbe Meinung. Auf der anderen Seite sprachen aber sowohl viele theoretische Bedenken als auch so gewichtige klinische Erfahrungen gegen diese Annahme, daß eine Klärung auf experimentellem Wege unbedingt erforderlich war. Es setzte deshalb eine intensive Arbeit gerade an diesem Punkte an. *Rost* suchte an den Zellen der Epidermis, *Gudzent* und *Levy* an den anatomischen Veränderungen von blutbildenden Organen wie Milz, Knochenmark usw. die Wirkung verschiedener harter Röntgen- bzw. Radiumstrahlen festzustellen. Konnte man aber hier noch den — tatsächlich erfolgten — Einwand machen, daß die histologische Methode zu wenig fein sei und deshalb versage, so war dies bei den folgenden Untersuchungen von *Blumenthal* und *Karsis* sowie von *Halberstädter* und *Goldstücker* nicht mehr möglich. Die Versuche dieser Autoren an Mäusen bzw. Trypanosomen sprachen ebenso wie die früheren mikroskopischen Befunde vollständig gegen eine spezifische biologische Wirksamkeit der harten Strahlung. Auch eigene bakteriologische Experimente, die mit den weichsten, den α -Strahlen, vorgenommen wurden, sowie solche mit Röntgen- und Radiumstrahlen von *Krönig* und *Friedrich*, die sich der Froschlarve als Testobjekt bedienten, ergaben dasselbe Resultat. Es wurde mit einer ganz seltenen Übereinstimmung entweder gar kein Unterschied gefunden oder aber, wo ein solcher zu konstatieren war, fiel der günstigere biologische Effekt immer dem weicheren Strahlenanteil zu.

Durch die zuletzt genannten Versuche wurde die Lehre von einer besonderen Wirkung der harten Strahlung allmählich abgebaut und so gründlich widerlegt, daß sie heute wohl als er-

ledigt gelten kann. Diese Frage wäre aber gar nicht erst aufgetaucht, wenn man eine wirklich homogene Strahlung zur Verfügung hätte, mit der man — sie sei weich oder hart — experimentieren könnte. Eine solche gibt es bekanntlich bis heute noch nicht. Wir dürfen daher nicht außer Acht lassen, daß alle *biologischen Ergebnisse mit der Gesamtstrahlung erreicht* worden sind. Wenn ein solches Vorgehen auch den derzeitigen Kenntnissen von der Zusammensetzung und Wesensart der Strahlung entsprach, so mußte es doch nach allem, was wir heute darüber wissen, zu Irrtümern führen. Denn die von einer Röntgenröhre oder einem radioaktiven Element ausgesandten Strahlen stellen ein so verschiedenartig zusammengesetztes Gemisch von weichster bis härtester Qualität, von Korpuskel- und Wellennatur dar, die gleichzeitig nebeneinander einwirken, daß eine Schlußfolgerung, *welche Strahlenart hier den biologischen Effekt hervorgebracht habe, geradezu unmöglich ist*. Es setzten daher mit der fortschreitenden Erkenntnis der physikalischen Natur der Strahlung auch auf dem Gebiete der experimentellen Strahlentherapie Bestrebungen ein, *die einzelnen Strahlenarten voneinander zu isolieren resp. sie zu „homogenisieren“ und miteinander zu vergleichen*. Dies erreichte man bei den harten Röntgenstrahlen durch eine Auswahl der Primärstrahlung (Instrumentarium und Röhre) und ferner durch Vorschaltung geeigneter Metalle in bestimmter Stärke (Filter), wobei nur Strahlen gewisser Wellenlängen zur Einwirkung gelangen konnten und der gewünschte Ausschnitt aus dem Gesamtbündel der Strahlung garantiert war. Bei den Radium- usw. Strahlen wurde der Vergleich harter und weicher Strahlung dadurch ermöglicht, daß man die einzelnen Arten, die α -, β - und γ -Strahlen voneinander trennen und im Experiment vergleichen kann. Sind auch die einzelnen Strahlengattungen noch selbst inhomogen, so sind doch z. B. α - und γ -Strahlen in ihrer Durchdringungsfähigkeit so weit verschieden, daß hier ein Rückschluß auf die biologische Wirksamkeit der einen oder der anderen Gattung wohl erlaubt ist. Durch geeignete Anordnung können β - und γ -Strahlen voneinander isoliert werden, α - bzw. γ -Strahlung kann durch Auswahl bestimmter radioaktiver Stoffe, z. B. Thorium X, bzw. geeigneten Filtermaterials rein zur Verwendung gelangen.

Wir sehen, daß durch diese Versuchsreihen eine ganz neue Periode, die *vergleichende experimentelle Strahlentherapie*, eingeleitet wird, die in der Art der Forschungsrichtung deutlich von der früheren unterschieden werden kann. Bisher ging man immer nur, oder wenigstens fast ausschließlich, darauf aus, die Wirkungen von Strahlung auf das lebende Objekt zu studieren. Man zergliederte dieses in seine einzelnen Bestandteile — Organ, Zelle, Kern, Plasma —, studierte an ihnen die Strahlenwirkung und suchte letzten Endes auch den chemischen Vorgang dabei zu er-

fassen; man verzichtete jedoch gewöhnlich auf eine Kritik der angewendeten Strahlenarten. Heute finden wir, daß *gerade dieser Punkt eines der Hauptprobleme der experimentellen Strahlentherapie ist*. Deshalb mußte diese Entwicklung auch notgedrungen zu einer *Umkehr der Methodik* führen, und so ist es ganz interessant und entbehrte nicht eines gewissen Reizes, zu sehen, wie heute der Gegenstand der Forschung die Strahlung selbst ist, während das frühere Objekt heute das bedingungslos Gegebene und als bekannt Vorausgesetzte darstellt. Das, was uns die bisherige experimentelle Strahlentherapie als spezifische Wirkung der Gesamtstrahlung gezeigt hat, das charakteristische Verhalten der Hoden- und Eierstockzellen, die Strahlenkrankheit der Froschlarven und Pflanzenkeimlinge, die Fortpflanzungsschädigungen von Trypanosomen und Bakterien usw., wird nun nicht mehr weiter ausgebaut, sondern kann als abgeschlossen gelten und wird jetzt zur Beurteilung der Einzelstrahlenwirkung benutzt.

Mit dieser Methode wird erst seit relativ kurzer Zeit gearbeitet. Erfolge sind, wie oben erwähnt, schon vorhanden, und weitere sind mit Sicherheit zu erwarten. Sie bilden den Niederschlag der großen Fortschritte physikalischer und technischer Art, welche gerade auf diesem Gebiete in der letzten Zeit zu verzeichnen waren und lassen uns die schon erwähnte Abhängigkeit dieser Forschungsrichtungen voneinander wieder deutlich werden. Auch noch andere Vergleiche drängen sich auf. So werden wir an die Ähnlichkeit der bei den Röntgen- und Radium- usw. Strahlen obwaltenden Verhältnisse mit den chemischen Wirkungen der Lichtstrahlen erinnert und an das Grotthuß-Drapersche Gesetz, nach welchem auch hier nur von denjenigen Strahlen eine chemische Wirkung ausgeht, die absorbiert werden. Damit ist aber gleich wieder eine Brücke geschlagen zu dem Gebiete der Chemotherapie, für welches das bekannte Wort *Ehrlichs* gilt: *Corpora non agunt nisi fixata*. Mit ihm, dem unvergesslichen und unersetzbaren Manne, können wir auch für die experimentelle Strahlentherapie in Abänderung dieses Wortes wohl sagen: *Radius non agit nisi absorptus*.

Ausführliche Literaturangaben finden sich:

1. A. Bickel: Radioaktive Stoffe und Fermente. Handbuch der Radium-Biologie und -Pathologie von Lazarus, 1913, S. 108 ff.
2. O. Hertwig: Radiumeinwirkung auf das lebende Gewebe und embryonale Entwicklungsprozesse. Handb. d. Rad.-Biol. u. -Path. S. 163 ff.
3. Krönig und Friedrich: Physikal. u. biol. Grundlagen der Strahlenther. 1918 (Urban u. Schwarzenberg).
4. Kuznitzky: Zeitschrift f. Hygiene, Bd. 88. — Berl. kl. Wochenschr. 1915, Nr. 7.
5. Derselbe und Schaefer: Berl. kl. Wochenschr. 1918, Nr. 39.
6. C. Neuberg: Beziehungen des Lebens zum Licht, Vortrag, Allg. Med. Verlagsanstalt, Berlin 1913.

7. Derselbe: Chemische und physikalisch-chemische Wirkungen radioaktiver Substanzen. Handbuch der Radium-Biol. und -Ther. S. 86 ff.

8. J. Wetterer: Handbuch der Röntgentherapie. II. Band. II. Auflage.

Ist ein Bedürfnis für hochwertige Konservengläser vorhanden?

Von Dr. H. Thiene, Jena.

Die durch den Krieg bedingten schwierigen Ernährungsverhältnisse zwingen uns, neben einer möglichst hohen Erzeugung von Nahrungsmitteln auf eine möglichst gute Konservierung alles dessen, was nicht sofort verbraucht werden kann, zu sehen. Bei der Wichtigkeit der Konservierung für unsere Existenz ist es daher wohl angebracht, sich einmal etwas näher mit ihr zu beschäftigen.

Im weitesten Sinne versteht man unter Konserven organische Körper, die in einen dauernd haltbaren Zustand überführt sind; im engeren Sinne sind Konserven Nahrungs- und Genußmittel, die in einem Zustand erhalten sind, in dem sie entweder in der Natur vorkommen oder in dem sie zum Genuß fertiggestellt sind. Die Konservenindustrie hat daher die Aufgabe, mehr oder minder leicht verderbliche Stoffe, die zum menschlichen Genuß bestimmt sind, so zuzurichten, daß sie möglichst lange in genußfähigem Zustande verbleiben, ohne ihre Form oder ihren Nährwert einzubüßen. Während man früher annahm, daß chemische Vorgänge die Ursache des Verderbens unserer Nahrungsmittel seien, brach sich allmählich die Erkenntnis Bahn, daß Mikroorganismen (Bakterien, Schimmelpilze usw.) die Erreger der Zersetzungs Vorgänge sind. Um diese Mikroorganismen wirksam bekämpfen zu können, ist es notwendig, sich über ihre Lebensvorgänge Klarheit zu verschaffen. Die Fortpflanzung geschieht durch Teilung oder durch Sporen. Die Sporen entsprechen den Samen der höheren Pflanzen. Sie sind die Dauerformen, die auch bei ungünstigen Bedingungen, z. B. Erschöpfung des Nährbodens, ungünstiger Temperatur, Wassermangel usw. noch auszuhalten vermögen, bei denen die vegetativen Formen zugrunde gehen. Die in ungeheurer Zahl in der Luft verbreiteten Sporen vermögen beim Austrocknen ihre Keimfähigkeit sehr lange zu bewahren und beim Eintritt günstiger Bedingungen wieder zu keimen und vegetative Formen zu bilden. Für die vegetativen Formen ist besonders die Anwesenheit von Wasser und einer gewissen Wärme nötig; gegen die Anwesenheit von Luft ist das Verhalten verschieden. Bei Temperaturen unter 5° und über 40—45° hört die Fortpflanzung, Ernährung und Bewegung auf, ohne daß die Lebensfähigkeit beeinträchtigt wird, bei Temperaturen von 80 bis 100° sterben die vegetativen Formen in 10 bis 20 Minuten ab. Die Sporen sind widerstandsfähiger und vertragen oft höhere Temperaturen viel länger. Z. B. sterben die Sporen des roten

Kartoffelbazillus ab in strömendem Dampf von
 100° in 5½—6 Stunden,
 113—116° „ 25 Minuten,
 122—123° „ 10 „
 126° „ 3 „
 127° „ 2 „
 130° augenblicklich.

(Ott, Die Fabrikation der Gemüsekonserven, S. 10 u. 11.)

Unter Berücksichtigung dieser Lebensbedingungen läßt sich zur Konservierung die Entwicklungshemmung oder Vernichtung der Mikroorganismen benutzen. Das erstere wird z. B. durch Anwendung von Kälte, das zweite durch Anwendung bakterientötender Mittel (Borsäure, Salizyl, schweflige Säure und andere) erreicht. Neben vielen anderen Verfahren, wie z. B. Trocknen, Dörren, Räuchern, Einsalzen, Einzuckern, Einlegen in Alkohol, Essig oder Öl, ist wohl das beste das Appertsche Verfahren, da bei ihm die Nahrungsmittel die geringste Veränderung des Aussehens und Geschmacks erfahren, für die Verdauung am besten vorbereitet werden und ohne Einbuße des Nährwertes Dauerwaren von unbegrenzter Haltbarkeit gewonnen werden. Erfinder dieses Verfahrens ist der französische Koch *François Appert*, der im Jahre 1809 von der französischen Regierung auf seine Arbeit: „L'art de conserver toutes les substances animales et végétales“ einen Preis von 12 000 Franken erhielt. Wie allgemein bekannt, beruht dieses Verfahren darauf, die Nahrungsmittel unter Luftabschluß eine gewisse Zeit einer bestimmten Temperatur auszusetzen. Durch die Erhitzung werden die Mikroorganismen abgetötet oder an der weiteren Entwicklung gehindert und der Sauerstoff gebunden. Der Luftabschluß verhindert, daß neuer Sauerstoff und neue Keime zu den Nahrungsmitteln gelangen können. Nach dem Appertschen Verfahren werden sowohl im Haushalt als in der Industrie Konserven in großer Menge hergestellt. Die Industrie benutzt als Gefäße fast ausschließlich Blechbüchsen und sterilisiert in der Regel im strömenden Dampf bis zu 3 Atmosphären je nach der Art des Nahrungsmittels. Im Haushalt benutzt man ausschließlich Glas-, selten Steingutbüchsen, die in einem der unzählig vielen Einkochapparate, deren bekannteste Kieffer, Rex und Weck sind, eine bestimmte Zeit auf eine je nach der Art der Konserven verschiedene Temperatur erhitzt werden.

Welche Vor- und Nachteile haben diese beiden Verfahren? Die Blechbüchse hat vor der Glasbüchse den Vorteil der größeren mechanischen und thermischen Widerstandsfähigkeit und des geringeren Gewichtes. In allen übrigen Eigenschaften ist die Glasbüchse der Blechbüchse vorzuziehen. Ganz abgesehen von dem schönen Anblick einer gut gefüllten Glasbüchse ist man beim Kauf von Konserven in Gläsern sofort in der Lage, den Inhalt zu sehen; ferner können oft Veränderungen des Inhalts noch rechtzeitig be-

merkt werden, ehe der ganze Inhalt verdorben ist. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Nachteil der Blechbüchsen sind die Geschmacks- und Farbänderungen der eingefüllten Konserven durch Auflösung von Eisen und Zinn, wodurch z. B. Erbsen und Puffbohnen leicht schwarz werden. Die in Lösung gegangene Zinnmenge ist bei Konserven junger Jahrgänge zwar so gering (8 mgr pro 1 kg), daß Gesundheitsstörungen unmöglich sind. Bei älteren Gemüse- und besonders Fruchtkonserven können jedoch 100 bis mehrere 100 mgr Zinn pro 1 kg in Lösung gehen und akute, wenn auch nur leichte, Verdauungsstörungen bedingen. Ein weiterer Nachteil der Blechbüchsen gegenüber dem Glas besteht im Verschließen und Öffnen. Die Blechbüchsen müssen mit Maschinen geschlossen werden und zwar, um Verluste zu vermeiden, sehr sorgfältig. Will man sie öffnen, so ist dies nur möglich, indem man die Büchse zerstört. Dabei entstehen oft kleine scharfkantige Metallspänchen, die, wenn auch nicht feststeht, daß sie die Ursache der Blinddarmentzündung sind, sicher der Gesundheit des Menschen nicht gerade förderlich sind. Dazu kommt noch, daß die zerstörte Büchse ein lästiges Abfallprodukt ist, das im Haushalt zu nichts mehr nütze ist. Wie ganz anders würden sich die Verhältnisse gestalten, wenn man statt der Blechbüchse Glasgefäße verwenden würde. Das Schließen und Öffnen ist leicht zu bewirken und die Büchse kann im Haushalt jederzeit zum Einkochen von neuem verwendet oder an die Konservenfabrik zur Neufüllung zurückgegeben werden. Forschen wir nach der Ursache, warum in der Industrie Glasgefäße zur Konservierung bis jetzt fast nicht benutzt werden. Es kann dies nicht etwa in der geringen mechanischen Widerstandsfähigkeit liegen, denn ein großer Teil von Flüssigkeiten, z. B. Bier, Wein, Fruchtsäfte usw., wird ja auch in zum Teil noch viel dünneren Glasgefäßen als die Konservenglasbüchsen sind ohne besonders großen Transportbruch verschickt. Vielmehr ist der Grund in der zu geringen thermischen und chemischen Widerstandsfähigkeit der jetzt im Handel befindlichen Glaskonservenbüchsen zu suchen. Die Industrie muß in thermischer Hinsicht höhere Anforderungen als der Hausgebrauch an die Glasbüchsen stellen, und die jetzigen genügen, ohne Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln, nicht einmal für den Hausgebrauch, sonst würden sich in den Einkochvorschriften nicht so viele Hinweise auf vorsichtiges Anwärmen und Abkühlen finden, wie z. B. folgende:

„Ist diese (Erhitzung) genau nach Vorschrift beendet, so läßt man den Einsatz noch einige Minuten zum Abkühlen im Kochtopf stehen, nimmt ihn dann mit den Gläsern heraus und stellt ihn an einen zugfreien Ort. Man vermeide vorsichtig, den Apparat direkt auf den Boden, speziell Steinboden, zu stellen, denn dadurch wird die Wärme zu rasch entzogen. Das wirkt ungünstig auf die Gläser und kann ein Springen derselben

herbeiführen.“ (Rezepte zu „Kieffer“, Frischhaltung, Seite 7.)

„Für ein etwaiges Platzen der Gläser beim Dampfkochen übernehmen wir keine Verantwortung. Durch zu rasche Erhitzung kann das bestgekühlte Glas springen.“ (Rezeptbuch mit Anleitung für „Rex“-Einkochapparate und -Konservengläser, S. 2.)

„Wird der Saft heiß abgefüllt, so sind die Flaschen entweder vorher anzuwärmen oder beim Füllen auf ein in kaltes Wasser getauchtes mehrfach zusammengelegtes Tuch zu stellen, dadurch wird das Springen verhütet.“ (Ebenda S. 45.)

„Nach dem Sterilisieren Flaschen aus dem Kessel nehmen und an einem warmen Ort abkühlen lassen.“ (Ebenda S. 48.)

„Nachdem das Wasser im Topf lange genug erhitzt war oder gekocht hat, nimmt man den Einsatz samt den Gläsern aus demselben und läßt die Gläser an möglichst zugfreiem Platz abkühlen.“ („Rex“-Preisliste 1914.)

„Das Kochen muß ganz langsam und allmählich geschehen; starkes Sieden ist unbedingt zu vermeiden, da die Gläser sonst leicht platzen. Hat das Wasser im Kessel die vorgeschriebene Zeit gekocht, so hebt man denselben vom Feuer und läßt die Büchsen im Wasser erkalten.“ („Adler“-Konservengläser.)

„Nach dem Sterilisieren läßt man die Gläser sehr langsam abkühlen.“ (Ott, „Die Fabrikation der Gemüsekonserven“, S. 73.)

„Will man Konserven in Glasgefäßen aufbewahren, so muß man letztere mit Platten von feinstem Kork verschließen, so in eine mit kaltem Wasser gefüllte Wanne einsetzen, daß die Korkte nicht benetzt werden und wegen des leicht eintretenden Springens der Glasgefäße sehr langsam erhitzen. Sind die Glasgefäße genügend stark erhitzt, so gießt man auf die Kork geschmolzenes Paraffin und läßt die Gefäße in dem Wasserbad vollkommen auskühlen.“ (Hausner, „Die Fabrikation der Konserven und Kanditen“, S. 88.)

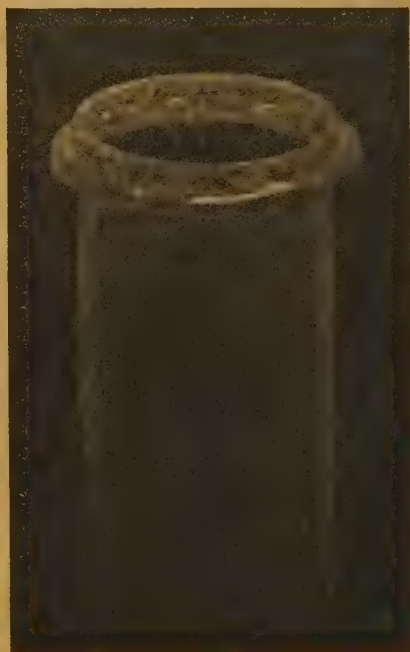
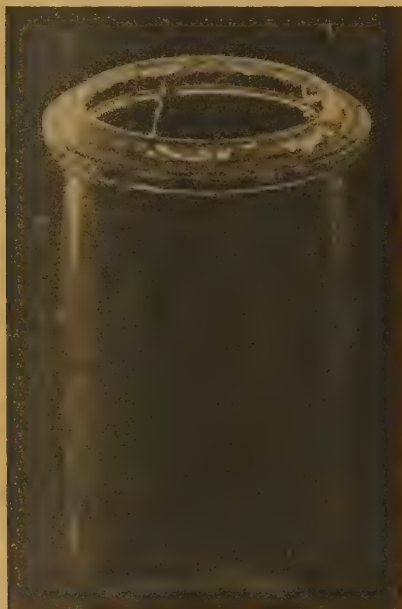
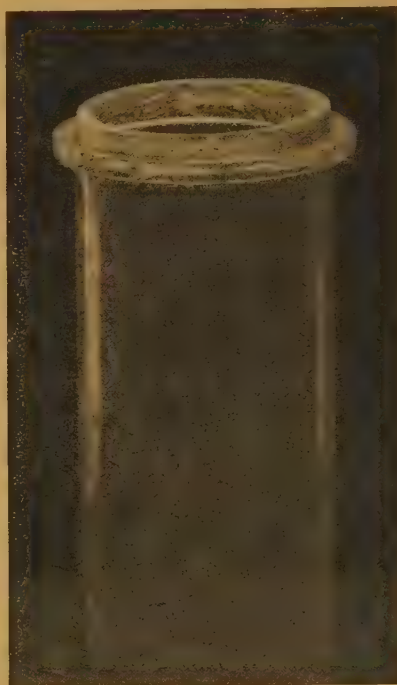
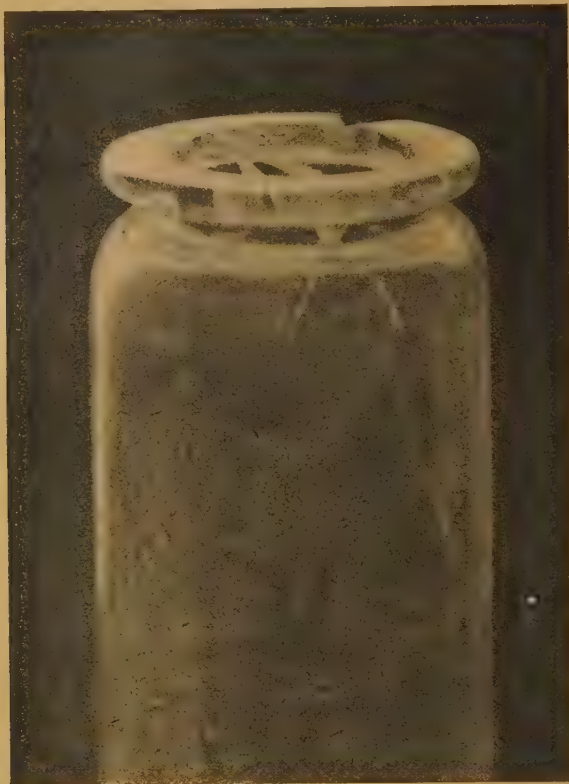
„Man erhitzt die Wanne ganz langsam, damit keins der Gläser springt.“ (Ebenda S. 150.)

Von der geringen thermischen Widerstandsfähigkeit der Handelsgläser konnte ich mich durch folgenden einfachen Versuch überzeugen:

Die Gläser verschiedener Herkunft wurden mit Wasser gefüllt, mit Gummiring und Deckel verschlossen und im Einkochapparat auf 100° erhitzt. Nach halbstündigem Kochen wurde der Einsatz mit den Gläsern herausgenommen und in Wasser von Zimmertemperatur gebracht. Diese Handhabung hielt keines der im Handel befindlichen Gläser aus, ohne sofort zu springen. Ich wiederholte dann diesen Versuch, indem ich auf niedrigere Temperaturen erhitzte, und fand, daß die meisten Handelsgläser springen, wenn man sie auf 60—70° erhitzt und dann in Wasser von Zimmertemperatur taucht. Das Erhitzen auf 80° und darauf folgende Eintauchen in Wasser von

Zimmertemperatur hielt keins der untersuchten Gläser aus, ohne zu springen. Der gleiche Versuch wurde mit Konservengläsern aus Jenaer

108° nicht; die Gläser aus Supraxglas blieben bis 108° alle ganz. Diese Versuche haben nicht nur Bedeutung für die fabrikmäßige Konservie-



Geräteglas (1823) und aus Supraxglas (1568) angestellt. Von 65 Gläsern 1823 sprangen 5 unter 80°, 28 zwischen 80 und 100°, 15 zwischen 100—108° und 17 trotz dreimaligen Kochens bis

rung, sondern, wie aus folgender „Der Frischhaltung“ entnommenen Vorschrift hervorgeht, auch für den Hausgebrauch: „Sehr zu empfehlen ist aber das sofortige gründliche Auskühlen der

Spargelgläser nach dem Sterilisieren. Sobald die Gläser einigermaßen abgekühlt sind, bringe man sie sofort in einen Kübel mit kaltem Wasser, das man mehrmals ergänzt, oder stellt am besten den Kübel unter eine Leitung und läßt mehrere Stunden frisches Wasser darüber rieseln. Dieses Auskühlen ist auch beim Nachsterilisieren zu wiederholen und bei Erbsen und Bohnen ebenfalls empfehlenswert.“ („Die Frischhaltung“ 1917, 7, S. 17.)

Bei einer derartigen geringen thermischen Widerstandsfähigkeit der jetzigen Handelsgläser ist es kein Wunder, daß die Konservindustrie, die je nach Art der Konserve bei 1—3 Atmosphären (120—143° C) im Autoklaven sterilisiert und dann die eben herausgenommenen Büchsen womöglich noch mit kaltem Wasser abraust, bis jetzt nicht daran denken konnte, Glasbüchsen im großen Maßstabe als Ersatz für Blechbüchsen zu verwenden. Aber nicht allein die geringe thermische, sondern auch die geringe chemische Widerstandsfähigkeit, die sich, je höher die Sterilisationstemperatur liegt, um so störender bemerkbar macht, hindert die allgemeine Benutzung der Glasbüchse in der Industrie. Auf diesen Mangel macht schon *Ott* mit folgenden Worten aufmerksam:

„Die wichtigste Eigenschaft für Konservengläser ist ihre Widerstandsfähigkeit gegen Wasser, Säuren und Salzlösungen. Absolut widerstandsfähig ist kein Glas gegen diese Agentien, aber durch richtige Zusammensetzung des Glases, namentlich bezüglich des Kalkgehaltes, läßt sich die Widerstandsfähigkeit leicht beträchtlich steigern. Wie stark unter Umständen die Einwirkung von Konserven auf das Glas werden kann, beweist ein Fall, den Professor *Weber* analysiert hat. Er fand bei einem solchen sterilisierten Konservenglas die Oberfläche mit Gruppen von Kristallen belegt, die er als Zeolithbildung (Hydrosilikat) erkannte. Unter allen Umständen empfiehlt es sich, die Konservengläser, namentlich die für Gemüse und feine Früchte bestimmten, entweder in mit Salzsäure angesäuertem Wasser tüchtig auszukochen, oder noch besser, wenn irgend möglich, sie durch strömenden Wasserdampf zu reinigen, wodurch das Glas eine in Wasser fast unlösliche kieselsäurereiche Oberflächenschicht erhält.“ (*Dr. I. Ott*, „Die Fabrikation der Gemüsekonserven“, Wien 1909, S. 57.)

Welche Zerstörungen schon durch mehrmaliges Sterilisieren im Hausgebrauch bei 100—105° an Konservengläsern bewirkt werden, zeigen nebenstehende Abbildungen. Man sieht hier einen dem Glasfachmann bei minderwertigen Gläsern unter der Bezeichnung Quellung bekannten Vorgang. Durch Einwirkung des flüssigen Wassers und Wasserdampfes tritt eine Zersetzung des Glases ein, die unter Bildung von Rissen und Absplittern mehr oder minder großer Teile vor sich geht. Versuche mit den Konservengläsern aus Jenaer Glas ergaben, daß trotz oft wiederholtem Sterili-

sieren im Autoklaven bei etwa 120° keine derartigen Veränderungen festzustellen waren.

Aus vorstehenden Ausführungen dürfte hervorgehen, daß die jetzt im Handel befindlichen Konservengläser, selbst bei vorsichtiger Behandlung, kaum den Anforderungen des Hausgebrauchs bei dem jetzt üblichen Konservierungsverfahren genügen. Bei jeder Art der Konservierung, die im Interesse eines schnelleren Arbeitens oder einer besseren Sterilisierung nur wenig höhere Anforderungen stellt, würden sie sofort vollständig versagen. Es würde z. B. ein großer Vorteil in bezug auf Ersparnis an Brennmaterial, bessere Sterilisation und schnelleres Arbeiten sein, wenn man Fleisch und Gemüse, statt im Wasserbad, im Backofen sterilisieren könnte. Dies scheitert aber an der Mangelhaftigkeit der jetzigen Gläser. Auch die Konservenindustrie würde bessere Konserven, z. B. Früchte, Prinzeßbohnen usw. — für die große Menge wird stets der Blechbüchse der Vorzug gegeben werden — in Gläsern konservieren können, wenn ein Glas vorhanden wäre, das den zu stellenden Anforderungen genügen würde. Das Bedürfnis nach besseren Konservengläsern ist also wohl zweifellos vorhanden.

Europas meteorologische Hochstationen vor dem Kriege.

Von Prof. Dr. F. Klengel, Plauen i. V.

Mit Ausnahme von Griechenland und der Türkei sowie von einigen kleinen Ländern besaßen alle Staaten Europas vor Ausbruch des Weltkrieges einen öffentlichen meteorologischen Beobachtungsdienst. Die Zahl aller diesem Dienste angehörenden Stationen wird man auf 21 500 schätzen können. Unter diesen befanden sich etwa 2100 Stationen 1. und 2. Ordnung, die mit allen nötigen Werkzeugen zum Ablesen oder zur selbsttätigen Aufzeichnung von Witterungserscheinungen ausgestattet waren. Weitere 600 besaßen nur einen Teil dieser Instrumente (Stationen 3. Ordnung), die übrigen waren in der Hauptsache nur mit dem Messen des atmosphärischen Niederschlags beschäftigt. Eine beträchtliche Zahl dieser Beobachtungspunkte gehört den Gebirgen an, denn die Erforschung der höheren Luftschichten ist schon seit dem internationalen Meteorologenkongreß in Rom, seit 1879, der wichtigste Bestandteil aller auf die Erkundung der atmosphärischen Vorgänge gerichteten Untersuchungen geworden.

Teilt man die Stationen nach Höhenstufen von 500 zu 500 m ein, so ergibt sich, daß mehr als 660 Stationen über 1000 m hoch, rund 150 von ihnen über 1500 m, 44 über 2000 m, 8 über 2500 m und 1 Station über 3000 m hoch liegen. Es ist also ein stattliches Netz von Höhenstationen, das vor Kriegsausbruch Europa bedeckte, und es dürfte wenige Gebirge gegeben

haben, in denen nicht Barometer und Thermometer oder wenigstens Regenmesser in größeren Höhen aufgestellt worden waren. Allerdings sind in vorstehenden Zahlen auch eine größere Anzahl von „Sommerstationen“ inbegriffen, die ihre Tätigkeit nur während der warmen Monate ausübten. Dies gilt vor allem von verschiedenen Hochstationen der Alpen und der norwegischen Gebirge, die in den nur monatelang geöffneten Schutzhütten und Unterkunftshäusern untergebracht sind. Den größten Anteil an diesem Netz haben selbstverständlich die Alpenländer: Österreich, die Schweiz, Frankreich, Bayern und Italien. Von den 2800 Stationen des österreichischen Beobachtungssystems befinden sich über 260 in der Höhenlage von mehr als 1000 m und noch 21 in einer solchen von mehr als 2000 m. Die höchste von allen und zugleich die höchste dauernd tätige in ganz Europa ist das Observatorium auf dem Sonnblick, 3106 m, in den hohen Tauern. In der Schweiz gehören vollends über 25 % aller Stationen der Höhenlage von mehr als 1000 m an. Von diesen 105 Stationen ragen noch 8 in die Zone von 2000 m hinein, aber nur eine, das Observatorium auf dem Gipfel des Säntis, erreicht die Höhe von 2500 m. Nicht inbegriffen sind in diesen Ziffern die sogenannten „Totalisatoren“, d. h. Sammelgefäße für den Niederschlag mit Jahresfüllung. Seit dem Sommer 1913 werden nämlich an einer Reihe hochgelegener Punkte der Schweiz, zum Teil weit oberhalb der Firngrenze, große Zinkgefäße aufgestellt, die zur andauernden Sammlung der Niederschläge bestimmt sind. Über diese Einrichtung hat der Schweizer Meteorologe Maurer¹⁾ mehrfach interessante Mitteilungen gemacht, aus denen wir die folgenden Einzelheiten entnehmen: Der Gedanke, durch große Sammelgefäße in der Schweiz den Niederschlag für längere Zeiträume aufzuspeichern und zu bestimmen, ist nicht neu. Die ersten Versuche in dieser Richtung wurden bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts durch die Gletscherkommission der Schweizer naturforschenden Gesellschaft auf Betreiben ihres Präsidenten Eduard Hagenbach im Gebiete des Rhonegletschers, 2600 m, angestellt. Man verwandte hierzu große kubische, wasserdicht schließende Kisten von 1 qm Öffnung. Die Ergebnisse waren aber offenbar nicht befriedigend und rechtfertigten die hohen Kosten und großen Mühen des Aufbaus dieser Forschungsmittel in keiner Weise. Ähnliche Versuche wurden etwas später von amerikanischen Meteorologen in den Gebirgen Nordamerikas unternommen. Sie benutzten umfangreiche, mit besonderen Windschutzvorrichtungen ausgestattete Schneekisten, deren Kantenlänge $1\frac{1}{2}$ m betrug. In diese hinein wurden erst die eigentlichen Sammelgefäße gestellt, die man mit Öl und Salz beschickte, um die Verdunstung zu verhindern und das Auftauen des

Schnees zu bewirken oder zu erleichtern. Auch mit diesen Apparaten verfolgte man den Zweck, an weit entlegenen und im Winter schwer zugänglichen Punkten des Hochgebirges Regen und Schnee lange Zeit aufzuspeichern, um zu gelegener Zeit die Sammelgefäße wieder aufzusuchen und ihren Inhalt zu messen. In der Schweiz wurden die nach dem gleichen Ziele gerichteten Versuche seit 1910 durch den savoyischen Forstinspektor Mougin wieder aufgenommen. Es gelang ihm, Niederschlagssammler zu konstruieren, die es gestatten, den Schnee und Regen monatelang, ja sogar 1 Jahr lang zu bewahren, so daß nur in der günstigen Jahreszeit eine Messung notwendig wird. Ein Totalisator, System Mougin, ist ein Zinkblechgefäß von 50 cm Durchmesser, 95 cm Höhe und einer oberen freien Öffnung von 16 cm Durchmesser (Hellmannring). Die Auffangfläche beträgt also 200 cm², bei der 1 l Schmelzwasser einer Niederschlagshöhe von 50 mm entspricht. Insgesamt würde der Inhalt eines solchen Sammlers eine Niederschlagshöhe von 4000 mm darstellen. Das Gefäß wird nun, um das andauernde Auftauen des Schnees zu bewirken, vorher mit einer Chlorcalciumlösung beschickt, und zwar nimmt man gewöhnlich 5 kg CaCl₂ auf 5–6 l Wasser. Durch diese Lösung wird der Schneeniederschlag, auch bei sehr tiefen Außentemperaturen von -30° in wässriger Form gehalten; eine Decke von Vaselineöl (1 l), das ebenfalls vorher dem Gefäß zugefügt wird, hat die Aufgabe, die Verdunstung der Schmelzflüssigkeit zu verhindern. Um endlich die störenden Einwirkungen des Windes aufzuheben, die eine Verminderung der in Schneeform gefallenen Niederschläge um 20 % hervorrufen können, wurden die Niederschlagssammler mit einem geeigneten Windschutzring (Nipherscher Form) versehen. Dieser Windschutz hat 100 bis 120 cm Durchmesser und besitzt die Gestalt eines abgestumpften Kegels. Genaue Vergleiche eines dergestalt ausgestatteten Totalisators mit einem täglich abgelesenen Stationsregenmesser haben in einem Fall einen Überschuß der Jahressumme von ca. 100 mm bei dem ersteren gegenüber dem letzteren ergeben, weil bei der einmaligen Ablesung der Mouginapparate die unvermeidlichen kleinen Fehler der täglichen Ablesung bei den gewöhnlichen Apparaten in Wegfall kommen. Die mit dem Niederschlagssammler festgestellten Werte können daher als recht zuverlässig angesehen werden. Was die Ablesung am Totalisator anbelangt, so würde die Gewichtsbestimmung des Gesamtinhalts nach Ablauf eines Jahres wohl die sicherste Form der Messung bedeuten. Es müßte vom Gesamtgewicht natürlich das Gewicht der CaCl₂-Lösung und des Vaselineöls abgezogen werden. Da aber das Mitführen einer Wage in die Hochregionen mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, so wird die Gewichtsermittlung durch eine Bestimmung des Volumens ersetzt, die wesentlich einfacher ist.

¹⁾ Met. Zeitschr. 1915, S. 16, und „Das Wetter“, Sonderheft zu Aßmanns 70. Geburtstag, 1915, S. 39.

Allerdings entsteht dabei ein Fehler, weil ursprünglich eine gesättigte CaCl_2 -Lösung im Gefäß vorhanden war, die allmählich durch den Niederschlag immer mehr verdünnt wird. Die hiermit verbundene Kontraktion des Volumens stellt den Messungsfehler dar, der jedoch nur etwa 0,5 bis 1 % Verlust gegenüber dem durch Wägung gewonnenen Ergebnis bedeutet und daher nicht in Betracht kommt. Die ersten Ergebnisse dieses Verfahrens, im Jahre 1914, waren so günstig, daß die Zahl der Messungsstellen in den nächsten Jahren noch wesentlich erhöht wurde. So wurden 1916 2 Totalisatoren in Höhen über 3000 m aufgestellt (an den Diablerets 3248 m und am Col d'Orny 3150 m), 7 weitere in einer Lage von 2500 bis 3000 m und 4 in einer Höhe von 2000—2500 m. Wie Maurer mitteilt, sind die oberhalb 3000 m gemessenen Mengen auffallend groß, so daß die Anschauungen vom Vorhandensein einer Maximalzone des Niederschlags, bedeutend unterhalb der Firngrenze, wenigstens in diesem Teile der Alpen, eine Abänderung erfahren werden.

Auch Frankreich besitzt die stattliche Reihe von 110 Höhenstationen, die teils den Alpen, teils den Pyrenäen und einigen französischen Mittelgebirgen angehören. Frankreichs höchste, dauernd betriebene Station ist das berühmte Observatorium auf dem Gipfel des Pic du Midi in den Pyrenäen, 2859 m. Fast ebenso hoch liegt das Observatorium auf dem Mt. Mounier, 2740 m, in den Seealpen, nordwestlich von Nizza, während unter 2000 m Höhe die bekannten, zum Teil schon lange tätigen Observatorien auf dem Mont Ventoux, 1900 m, dem Aigoual, 1567 m, und dem Puy de Dôme sich befinden. Das Vallot-Observatorium, 450 m unterhalb des Gipfels des Mont Blanc (auf den Bosses du Dromadaire, 4358 m), wird dagegen nur vorübergehend, im Sommer für besondere wissenschaftliche Untersuchungen, auch außerhalb des Rahmens der meteorologischen Forschung benutzt.

Italien verfügte nach den letzten Angaben, die allerdings etwas weiter zurückliegen, über 20 Höhenstationen, von denen noch 5 über die Zone von 2000 m hinausragen. Höchste Station ist das Observatorium auf dem Ätna, 2942 m, in Sizilien, während das Osservatorio Regina Margherita auf dem Monte Rosa, 4560 m, nur zu vorübergehendem Aufenthalt im Sommer geöffnet ist. Zu den 28⁴⁾ bayerischen Höhenstationen gehört die zweithöchste Europas, das Observatorium auf dem Zugspitzgipfel, 2962 m, das nunmehr bald auf eine 20-jährige ununterbrochene Tätigkeit zurückblicken kann. Die Ergebnisse dieser höchsten deutschen Wetterwarte sind zu Beginn des Krieges von dem Münchener Meteorologen Dr. Huber in einer überaus wertvollen Arbeit veröffentlicht worden²⁾.

Außerhalb der Alpen besitzt Deutschland in den Mittelgebirgen noch weitere 10 Höhenstationen, von denen die Station auf der Schneekoppe, 1602 m, am höchsten aufragt. Während des Krieges entstand unter bedeutendem Kostenaufwand auf dem höchsten Berg Sachsens, dem Fichtelberg im Erzgebirge, 1215 m, ein neues Observatorium, das 1916 seine Tätigkeit begann bzw. wieder aufnahm. Eine größere Zahl hochgelegener Stationen (54) findet man auch noch in Spanien, doch ist unter ihnen keine Gipfelstation. Die höchste, Prados de Cuence, ist 1660 m hoch. Portugal gab früher eine Station in der Sierra de Estrella, 1217 m, als höchstgelegene an. Doch fehlen seit 1895 weitere Mitteilungen darüber. Von den Balkanländern haben sowohl Serbien wie auch Bulgarien und Rumänien einige über 1000 m hoch gelegene Stationen, aber auch die höchste, Palais Sitniakowo in Bulgarien, bleibt noch unter 1800 Meter. Weit wichtiger sind die 19 Höhenstationen Bosniens und der Herzegowina, unter denen das Observatorium auf der Bjelašnica fast bis zu 2100 m aufragt. Ungarn hat in den Karpathen eine Anzahl Bergstationen errichtet. Seit 1905 befindet sich auch auf einem der höchsten Punkte der Beskiden, auf der Babjagora, in dem 1616 m hoch gelegenen Unterkunftshaus der Sektion Bielitz des Beskidenvereins ein meteorologischer Posten.

Von den nordischen Ländern besitzt nur Norwegen in der Bergregion eine Anzahl Beobachtungspunkte. Vollkommen ausgerüstet ist jedoch nur Finse, 1224 m, während die höher gelegenen, wie Juvashytten, 1840 m, ausschließlich Niederschlagsmessungen während des Sommers ausführen. Schwedens höchste Station liegt dagegen nur 593 m hoch. Es ist die bekannte Wetterdienststation Storlien an der Bahn Stockholm—Trondhjem.

Großbritanniens höchste Wetterwarte auf dem Ben Nevis, 1343 m, in Schottland ist leider 1904 nach 20-jähriger Tätigkeit wieder geschlossen worden. Ihre Ergebnisse sind nicht nur fast alljährlich in der Met. Zeitschrift veröffentlicht, sondern auch in zusammenfassender Darstellung von Wm. T. Kilgour in dem interessanten, mit zahlreichen Abbildungen ausgestatteten Buche *Twenty years on Ben Nevis* erörtert worden.

Mineralogisch - petrographische Mitteilungen.

Die schwierige Frage, ob in den Zeolithen das Wasser chemisch gebunden oder nur in physikalischer Anlagerung enthalten ist, beschäftigt G. Stoklossa (*Neues Jahrb. f. Miner. usw. Beil.*, Bd. 42, 1918, S. 1 bis 64). Man hatte bis jetzt nach den Untersuchungen von Friedel fast allgemein angenommen, daß die Zeolithe das Wasser in sich wie in einem Schwamm aufzunehmen vermögen, weil man bei den Entwässe-

1914. Sonderabdruck aus „Beob. der met. Stat. im Kgr. Bayern“ Bd. 35, 1913.

¹⁾ Die meisten davon sind allerdings nur Niederschlagsstationen.

²⁾ A. Huber, Das Klima der Zugspitze, München

rungsversuchen stets eine kontinuierliche Abgabe des Wassers beobachtete. Bei echten Hydraten aber sollte doch eine diskontinuierliche, stufenweise Entwässerung erfolgen. Auch G. Tammann hatte durch Bestimmung der Dampfdruckgleichgewichte in kristallisierten Zeolithen gefunden, daß der Dampfdruck bei konstanter Temperatur stetig abnimmt; ebenso hatten die Versuche von Zambonini zu demselben Resultat geführt. A. Beutell und K. Blaschke (*Zentralbl. f. Miner. usw.*, 1915, S. 4—11) kamen demgegenüber auf den Gedanken, nicht die Entwässerung, sondern die Wiederaufnahme des Wassers bei bestimmten Temperaturen zu untersuchen. Bei der Bindung des Wassers wird nun in der Tat die Bildung von verschiedenen Hydratationsstufen nachweisbar. In der sehr ausführlichen Arbeit von Stoklossa werden die Zeolitharten Heulandit, Skolezit, Natrolith, Harmotom, Chabasit, Analcim und Apophyllit auf die Gleichgewichte bei Wiederverwässerung der vorher entwässerten Mineralpulver untersucht.

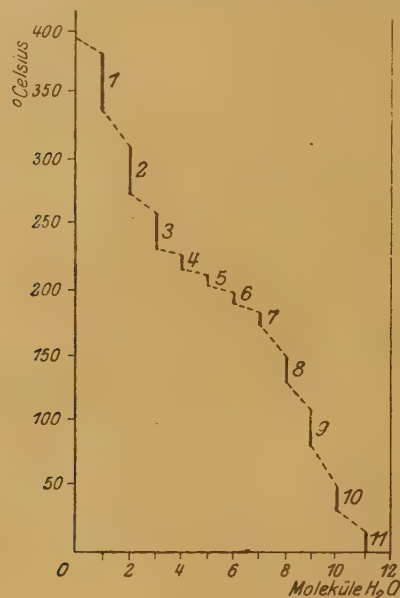
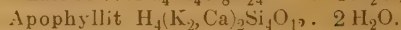
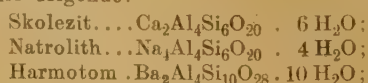


Fig. 1.

Man erhält alsdann bei bestimmten Wärmegraden in einer Wasserdampf-Atmosphäre stets ganz bestimmte charakteristische Hydrate, so daß in einem Übersichtsdiagramm die stufenweise diskontinuierliche Wasserkurve (Fig. 1) resultiert. Man erkennt hier z. B. für den Heulandit im Temperaturbereiche zwischen 17° und 400° nicht weniger als elf verschiedene Hydratationsstufen; der bei gewöhnlicher Temperatur beständige Heulandit hat die Zusammensetzung $\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_{12}\text{O}_{32} \cdot 11 \text{H}_2\text{O}$. Die Untersuchung der optischen Eigenschaften der verschiedenen Hydrate führte zu denselben Ergebnissen, zu denen F. Rinne (*Fortsehr. d. Miner. usw.*, 3, 1913, S. 162) durch Entwässerungsversuche gekommen war. Die Sättigung mit Wasserdampf führt beim Skolezit auf sechs, bei Natrolith auf vier, beim Harmotom und Chabasit auf zehn, beim Analcim auf zwei verschiedene Hydrate, während der Apophyllit im entwässerten Zustande nicht mehr sich hydratisieren läßt. Bei gewöhnlichen Temperaturen ist die Zusammensetzung der gesättigten Zeolithe die folgende:



Das Wasser ist also in den Zeolithen chemisch gebunden. Ganz analog findet man bei den Arseniden durch bloßes Austreiben des Arsens keine ausgesprochenen chemischen Verbindungen, wohl aber bei Sättigung des Speiskobalts und des Löllingits mit Arsensdampf, wie dies A. Beutell schon vor einiger Zeit veröffentlicht hatte (*Sitzgs.-Ber. d. naturwiss. Sektion der Schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur* 1918).

Die mineralogisch sehr wichtigen Gleichgewichte beim Austausch der Basen im Permutit behandeln V. Rothmund und Gertr. Kornfeld (*Zeitschr. f. Elektroch.* 23, 1917, S. 173—177; *Zeitschr. f. anorg. u. allg. Ch.* 103, 1918, S. 129—163). Frühere Untersuchungen über die Aufnahme der Basen aus Neutralsalzlösungen der Alkalien in den Ackerböden haben klar erkennen lassen, daß es sich dabei um Erscheinungen handelt, welche den Gesetzen des chemischen Gleichgewichtes und der Adsorption unterworfen sind. Von seiten der Mineralogen ist insbesondere die Mitwirkung der Zeolithe untersucht worden. Es ist bekanntlich R. Gans gelungen, in gewissen Aluminatsilikaten, den Permutiten, Substanzen zu finden, deren gesamtes Alkali austauschbar ist, und welche dabei in verhältnismäßig kurzer Zeit den Endzustand des Gleichgewichtes erreichen. Bei der theoretischen Betrachtung der Gesetzmäßigkeiten des Basenaustausches muß man berücksichtigen, daß der Permutit im allgemeinen eine einzige Phase darstellt, nämlich als eine feste Lösung von zwei unbegrenzt miteinander mischbaren Permutitarten aufzufassen ist. In diesen festen Lösungen werden sich aber zum Unterschied von den gewöhnlichen Mischkristallen die Gleichgewichtszustände in sehr kurzer Zeit einstellen. Nur im Falle der Natrium-Thallium-Permutite hat man bis jetzt eine Mischungslücke der Endglieder beobachten können. Ist x die ausgetauschte Menge des einen Kations, n die maximal austauschbare Menge, a und b aber die ursprünglich vorhandene Menge der beiden Salze in der Lösung, so kann man nach Gans zunächst in dem bekannten Ausdruck $\frac{x}{n-x} \cdot \frac{b+x}{a-x} = K$ das chemische Gleichgewicht formulieren. Indessen haben Rothmund und Kornfeld gezeigt, daß eine etwas kompliziertere Gleichung der Form $\left(\frac{x}{n-x}\right)^v \cdot \frac{b+x}{a-x} = K$ den experimentellen Daten besser gerecht werden mag. Die oben gemachten Angaben beziehen sich indessen nur auf Austauschreaktionen einwertiger Ionen im Permutit. Im System Ag-Ba dagegen hat die Ungleichwertigkeit der beiden Kationen zur Folge, daß an Stelle des Ausdrucks $\frac{b+x}{a-x}$ der obigen Gleichung nunmehr $\frac{b+x}{\sqrt{v(a-x)}}$ erscheint, worin v die Verdünnung darstellt, desgleichen der Faktor $\left(\frac{x}{n-x}\right)^p$ durch die Größe $\left(\frac{\sqrt{nx}}{n-x}\right)^p$ ersetzt werden muß.

Eine Übersicht ihrer Versuche, betreffend die hydrothermale Mineralbildung geben W. J. Müller und J. Königsberger (*Zeitschr. f. anorg. u. allg. Ch.* 104, 1918, S. 1—26). Die im Anschluß an frühere Untersuchungen (*Zentralbl. f. Miner.* 1906, S. 339, 353) unternommenen Versuche betreffen vor allem das System $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ mit Zusätzen von

CaO und CO₂, so daß diese als Ergänzung zu den Arbeiten von E. Baur, H. Schläpfer und P. Niggli (Zeitschr. f. anorg. Ch. 72, 1911, S. 119; 87, 1914, S. 52) gelten dürfen. Als Reaktionsgefäß diente eine Bombe aus Kruppschem Nickelstahl, in der eine Filtriervorrichtung aus Platin-Iridium-Legierung angebracht worden war. Von den einzelnen Mineralbildungen interessieren die folgenden am meisten: *Orthoklas*, für den eine untere Bildungstemperatur von $360 \pm 20^\circ$ gefunden wurde, und der von da ab bei steigender Temperatur in immer größerer Menge gegenüber den anderen Kalialumosilikaten auftrat. *Natron- und Kalinephelin* wurden bei 330° als unterster Temperaturgrenze erhalten; der Nephelin der Eläolithyenite ist sicher bei sehr viel höherer Temperatur noch existenzfähig und dort vielleicht erst stabil. Kalinephelin wird in einer kohlen säurehaltigen Atmosphäre nicht gebildet, weshalb sein Fehlen als vulkanisches Mineral verständlich werden dürfte. *Leucit* bildet sich von 260° an aufwärts, er verschwindet aber bei Temperaturen über 440° als hydrothermale Bildung. Ein entsprechender *Natronleucit* ist nicht existenzfähig. *Quarz* entsteht nur bei sehr erheblichem Überschuß der Kieselsäure über die Basen. *Tridymit* wird bei Anwesenheit geringer Mengen von Alkalikarbonaten völlig zurückgedrängt, sein Vorkommen in den Drusenräumen von Eruptivgesteinen deutet alsdann auf Mangel an Kohlendioxyd in den vulkanischen Exhalationen hin. Außer den angeführten wichtigen Mineralien wurden noch nebenher *Pektolith*, *Pyrophyllit*, einige *Zeolithe*, darunter *Analcim*, *Calcit* und ein eigentümlicher *Glimmerzeolith* gefunden. Sehr interessant ist des weiteren, daß Natrolith vollkommen fehlte, und daß Labradoritkristalle in den hydrothermalen Lösungen angegriffen werden. Einige der erhaltenen Zeolithe sind noch nicht in der Natur beobachtet worden.

Über die **minerogenetischen Verhältnisse in den Ablagerungen der Kalisalzvorkommen** hat E. Jänecke in Fortsetzung früher begonnener Studien zu einer Gesamtübersicht der Lösungen ozeanischer Salze zwei abschließende Mitteilungen veröffentlicht (Zeitschr. f. anorg. u. allg. Ch. 102, 1918, S. 41—65; 103, 1918, S. 1—54). Während in den früheren Arbeiten eine bildliche Darstellung der Löslichkeit der ozeanischen Salze unter Vernachlässigung des Wassergehaltes durchgeführt worden war, wird dieser nunmehr ebenfalls als selbständige Variable berücksichtigt und seine Änderung bzw. diejenige der Löslichkeit mit der Temperatur versinnbildlicht. Die Verhältnisse erscheinen naturgemäß wesentlich komplizierter als in den einfachen Systemen ohne Wassergehalt; es werden aber in zahlreichen Einzeldarstellungen neben den rein numerischen Daten auch noch die Kristallisationsbahnen angegeben, außerdem die in den invarianten Lösungen geltenden Umsetzungsgleichungen eingehend geprüft. Jänecke zeigt des weiteren, wie das räumliche Löslichkeitsdiagramm für ein bestimmtes Salz der ozeanischen Ablagerungen aussieht, d. h. wie der sogenannte Einsalzraum beschaffen ist. Zum Schluß wird auch noch der NaCl-Gehalt der Lösungen berücksichtigt, der das Gesamtbild in quantitativer Hinsicht nicht wesentlich ändert, besonders in den MgCl₂-haltigen Komplexen gar nichts ausmacht. Nur bei den Lösungen mit Kaliumsulfat als Bodenkörper sind die Verhältnisse auch qualitativ andersartig.

In zwei weiteren Spezialarbeiten beschäftigte sich E. Jänecke (Kali 10, 1916, S. 371—375; 11, 1917,

S. 10—13 und 21—26) mit dem **Schmelzen von kristallwasserhaltigen Kalisalzen** und Gemischen derselben. Bei dem Schmelzen von einfachen Hydraten kann die entstehende Flüssigkeitsphase entweder gleiche oder andersartige Zusammensetzung haben als die feste Substanz. Im letzteren Falle muß sich alsdann ein Gleichgewicht einstellen zwischen Flüssigkeit, festem schmelzenden Salz und fester wasserärmerer Verbindung. Die von Jänecke angestellten Versuche bezwecken, die Temperaturen der Schmelzgleichgewichte der Kalisalze bzw. ihrer Gemische festzustellen und gleichzeitig die entstandenen Laugen von den zurückbleibenden Bestandteilen zu trennen. Es wurden deshalb die Schmelzversuche in einem besonderen Druckapparat vorgenommen, der das Auffangen der ausgepreßten Lösungen ermöglichte. Beim Schmelzen der untersuchten Substanzen muß dabei immer ein plötzliches Sinken des Druckes eintreten. Bei ohne Zersetzung sich verflüssigenden Körpern wird infolgedessen im Laufe des Versuches stets die ganze Substanz in flüssiger Form weggepreßt, so z. B. bei MgCl₂·6H₂O, das scharf bei 117° schmilzt. Demgegenüber beobachtet man bei Gips bei 128—130° einen Schmelzvorgang, bei welchem eine sehr verdünnte Lösung von Kalziumsulfat in Wasser ausgepreßt wird, während der Rückstand dem auch von van't Hoff erhaltenen Hydrat CaSO₄·½H₂O entspricht. Unter den Doppelsalzen, die in den ozeanischen Ablagerungen auftreten, ist bis jetzt noch keines beobachtet worden, welches ohne Zersetzung sich verflüssigen ließe. In der Regel findet bei ihrer Schmelzung ein Zerfall in eine Lösung und zwei wasserärmere Salze statt, nur beim Karnallit z. B. das Auftreten eines Salzes neben einer Lauge. Ein Gemenge zweier gleichioniger kristallwasserhaltiger Salze schmilzt nach den Regeln der Phasentheorie im allgemeinen unter Umsetzung zu einer Lauge und einer dritten Kristallart. Man erhält demnach bei den Druckerhitzungsversuchen nach Abpressen der entstandenen flüssigen Phase im Rückstand das dritte Salz, je nach Zusammensetzung des ursprünglich verwendeten Gemisches vielleicht auch noch einen Überschuß an den anderen Kristallarten. Die allgemeine Frage, wie das Schmelzen auch kompliziert zusammengesetzter kristallwasserhaltiger Salze und deren Gemische erfolgt, kann dann durch Druckerhitzungsversuche an reziproken Salzpaaren entschieden werden, es wird deshalb die Untersuchung des umfassenden Systems (K₂, Mg)-(Cl₂, SO₄)-H₂O auch von dieser Seite in Angriff genommen. In den natürlichen Vorkommen der Salze dürfte freilich der Umstand die Sachlage etwas anders gestaltet haben als die Versuche unmittelbar ergeben, daß hierbei allseitiger Druck auf die reagierenden Massen einwirkte, während bei den Experimentalstudien doch nur einseitiger zur Anwendung gekommen ist.

Eine sehr anschauliche **Übersicht der wichtigsten Mineralien der Kalisalzlagertstätten** auf chemischer Grundlage gibt neuerdings E. Hentze (Kali, 10, 1917, Heft 15).

Sehr zahlreich sind die neueren Untersuchungen über die Feinstruktur der Kristalle, zu denen in erster Linie die Studien von v. Laue und den beiden Braggs Anlaß gegeben haben. W. Voigt gibt in einer sehr ausführlichen Arbeit über die **Resultate der geometrischen Strukturtheorie** (Physik. Zeitschr. 19, 1918, S. 237 bis 247; 331—343; 446—462) eine vortreffliche Übersicht über die Ableitung der 230 Raumgruppen nach Schönflies. Auch dem Mineralogen, der die Raumgittertheorie bereits sich zu eigen gemacht hat, wird die außerordent-

lich klare Darstellung des Altmeisters der Kristallphysik von besonderem Werte sein. Es wird in eingehender Weise gezeigt, wie man aus den 65 Sohnckeschen Typen der reinen Drehungsgruppen durch Einfügung der Symmetrieebenen, -zentren, Gleitspiegelungen und Schraubungsachsen die noch fehlenden 165 Gruppen erhalten kann. Die knappe und exakte Formulierung der einzelnen Strukturverhältnisse erscheint von hohem didaktischen Werte. — Dieselben Ziele hat sich P. Niggli in einer kurzen Notiz (*Verhdl. d. Schweiz. Naturforsch. Gesellsch.* 99. Jahresvers., Zürich 1917) gesteckt. In einer Spezialarbeit (*Physik. Zeitschrift* 19, 1918 S. 225—234) untersucht Niggli die **Bestimmung der Struktur von Kristallen komplizierter Verbindungen**. Sobald Massenteilchen in allgemeinsten Lage auftreten, deren Beugungsvermögen für Röntgenstrahlen nicht verschwindend klein ist oder zufällig in der 1. Ordnung kompensiert wird, so ist sowohl nach dem Verfahren von Bragg wie auch aus den Laue-Diagrammen das

Würfel in zwei Gruppen von je vieren, die als Massenelemente ein raumzentriertes Würfelgitter bedingen, bei denen aber die tetraedrischen Atomgruppen des einen Gitters zu denjenigen eines zweiten um 90° gedreht erscheinen (Fig. 2). Die Mittelpunkte der Schwefeltetraeder liegen gleichzeitig in den Zentren der Kalium- und Aluminium-Tetraeder (z. B. beim Kalialaun). Die Sauerstoffatome gruppieren sich zu je achten um ein Kaliumatom an den Ecken eines kleinen Würfelgitters. Die vier Schwefelatome entsprechen gemäß der stöchiometrischen Zusammensetzung des Alauns je 24 Molekülen Wasser, also sind 24 Sauerstoffatome um jedes Schwefeltetraeder in sechs Gruppen zu vier Atomen kubisch angeordnet. Die vier Sauerstoffatome jeder dieser Gruppen liegen auf einem Tetraeder, das entgegengesetzt zum Schwefeltetraeder gestellt erscheint (Fig. 3). Die Wasserstoffatome, 48 an der Zahl, gruppieren sich wahrscheinlich so, daß je zwei auf einer Geraden durch das ihnen zugeordnete

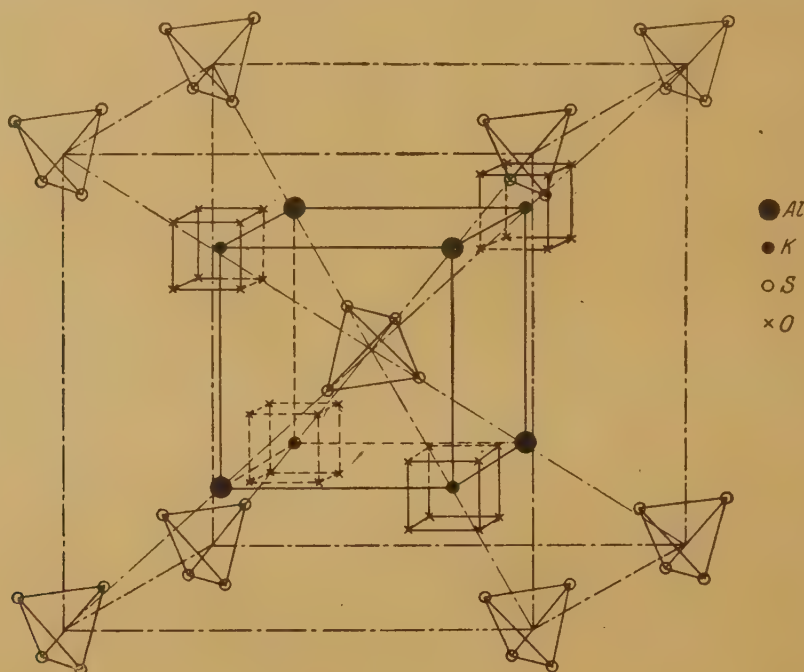


Fig. 2.

Raumsystem einer gegebenen Symmetrieklasse ohne weiteres feststellbar. Zu jeder bestimmten Raumgruppe gehört nämlich eine bestimmte individuelle Anordnung der Röntgenspektren erster Ordnung. Insbesondere werden die Raumgruppen der regulären Sygonie in ihren gemeinsamen und speziellen Eigenschaften geschildert. Ein vorzüglicher Probestein der theoretischen Ergebnisse ist die Untersuchung der **Kristallstruktur des Alauns**, die L. Vegard und H. Schjelderup (*Ann. d. Phys.* 4, 54, 1917, S. 146—164) durchgeführt haben. Es wurden dabei Ammoniak-, Kali-, Ammoniak-Eisen- und Chromalaun auf den Kristallflächen des Würfels, Rhombendodekaeders und Oktaeders nach der Bragg'schen Methode aufgenommen, als monochromatische Röntgenstrahlung diente die Rhodiumlinie mit der Wellenlänge $\lambda = 0,607 \cdot 10^{-8}$ cm. Das aus den Intensitätsmessungen abgeleitete Raumgitter der Alaune befriedigt alle theoretisch gemachten Anforderungen. Die Metallatome erscheinen nach flächenzentrierten Würfeln angeordnet, die Schwefelatome liegen auf den Ecken von

Sauerstoffatom und die Mitte der gegenüberliegenden Tetraederfläche der Sauerstoffgruppe liegen. Auf Grund der angegebenen sehr komplizierten Struktur kann man rückwärts die Intensitäten der Reflexe an den Gitterebenen berechnen; die Übereinstimmung mit den experimentell gefundenen Werten ist eine ausgezeichnete. Die absoluten Maße der Dimensionen der elementaren Gitter ergaben eine bei weitem regelmäßige Verteilung als dies aus den schematischen Fig. 2 u. 3 erhellen mag, doch ist jedenfalls durch das Übereinandergreifen der Gruppen der verschiedenen Atomarten die Gesamtstruktur eine sehr komplizierte. Besonders wichtig ist es nun, daß der Nachweis in der hier besprochenen Arbeit erbracht erscheint, daß das Wasser ein Bestandteil des gesamten Gittergerüsts der Alaunkristalle sein muß. Seine Entfernung durch Erhitzen muß also einen Einsturz desselben nach sich ziehen. Das Kristallwasser der Alaune ist also schon konstitutiv gebunden. Ein stufenweiser Abbau der kristallwasserhaltigen Verbindungen

dungen deutet darauf hin, daß alsdann auch ein Anhydrid mit Wasser mehrere stabile Kristallgitter zu bilden vermag. Der Übergang von der einen zu einer anderen Anordnung bedeutet alsdann jedesmal eine Neuorientierung. Versuche an Zeolithmineralien müßten im Lichte dieser Betrachtungen wichtige Aufklärung über die in der früher besprochenen Arbeit von *Stoklossa* gegebenen Gesichtspunkte geben. Eine vorläufige Untersuchung der Chabasits nach der Bragg'schen Methode während der Entwässerung zeigte, daß die relative Intensitätsverteilung der Linien im Röntgenspektrum durch die Abgabe des Wassers keine wesentliche Änderung erfährt, nur daß die absolute Stärke und Schärfe der Maxima abnimmt. *Vegard* und *Schjelderup* führen dies darauf zurück, daß die wasserhaltigen Anordnungen einstürzen, und nur diejenigen

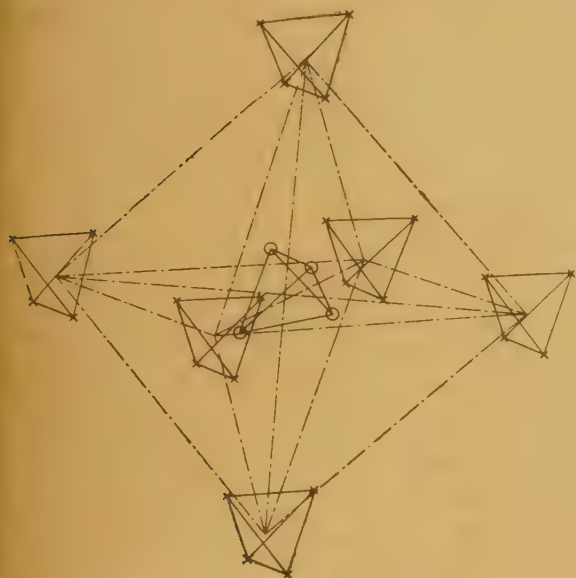


Fig. 3.

triatom koordinierten Gruppen eines Komplexes sind im allgemeinen um dieses räumlich symmetrisch angeordnet, so z. B. tetraedrisch um das Kohlenstoffatom in den organischen Verbindungen. Um koordinativ sechswertige Elemente wie Co, Cr, Rh, Ir, Fe und Pt haben wir eine oktaedrische Gruppierung in den Molekularverbindungen anzunehmen, um achtwertige aber wahrscheinlich eine würfelartige. *Pfeiffer* ist des ferneren der Ansicht, daß man ohne weiteres die Kristallstruktur nach der Koordinationstheorie erklären kann, wenn man bestimmte Atome oder auch Atomgruppen als Koordinationszentren auffaßt. Auf diese Weise wird z. B. die Struktur des Diamanten, der Zinkblende, des Steinsalzes, Schwefelkieses und Kalkspates, wie sie sich aus den Röntgendiagrammen ergibt, mit den Vorstellungen der Koordinationslehre verknüpft.

Die Kristallstruktur des Calcits, wie sie von *Bragg* beschrieben ist, erscheint nach *H. Tertsch* (*Tscherm. Miner.-Petrogr. Mitt.* 34, 1917, S. 1—22) schlechterdings unmöglich, weil die Symmetrie des abgeleiteten Gitters mit derjenigen des ganzen Kristalls in Widerspruch steht. In der Tat kann die Anordnung der Atome in dem Bragg'schen Modell senkrecht zur Hauptachse nur als der trigonal-trapezoeidrischen Symmetrie zukommend verstanden werden (Fig. 4), während doch bekanntlich der Calcit ditrigonal-skalenoedrisch kristallisiert. *Tertsch* berechnet aus den gemessenen Intensitätsver-

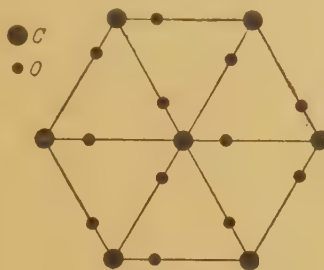


Fig. 4.

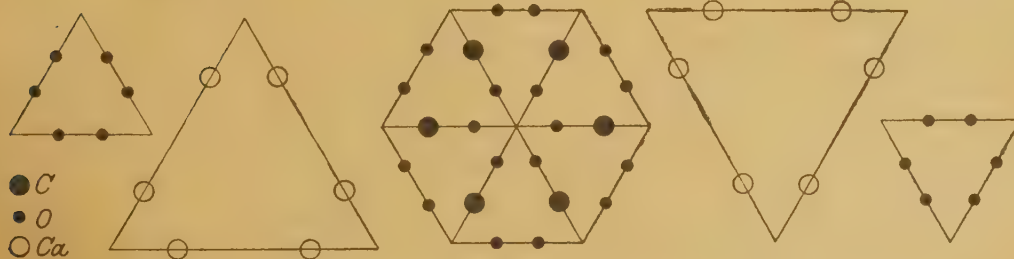


Fig. 5.

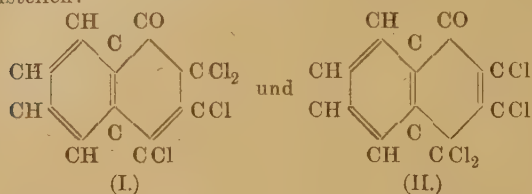
Teile, die noch unzerstört geblieben waren, Reflexe zu liefern vermochten. Es wäre hier vielleicht mit der Methode von *Debye-Scherrer* noch weiter vorzudringen.

Um die Koordinationslehre in ihrem Zusammenhang mit den neueren Ergebnissen der Forschung über die Kristallstruktur zu betrachten, ist es nach *P. Pfeiffer* (*Zeitschr. f. anorg. u. allg. Ch.* 97, 1916, S. 161—174) notwendig, als Koordinationszahl in komplizierteren Kristallen die Anzahl der mit einem Valenzzentrum verbundenen Atome bzw. Atomgruppen anzunehmen. So ist z. B. in den Verbindungen $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ und $(\text{NO}_2)_3\text{Co}$ die Koordinationszahl 6 für das Kobalt charakteristisch, desgleichen in $\text{Ca}(\text{NH}_3)_8\text{Cl}_2$ die Zahl 8 für das Kalzium. Die mit einem Zen-

hältnissen in den Diagrammen des Kalkspates eine andere Anordnung, die in Fig. 5 schematisch wiedergegeben sei. Diese hat den Vorzug, nicht nur besser zu der Symmetrie des Kristalles zu stimmen, sondern auch mit der Symmetrie des Dolomits (trigonal-rhomboedrisch) in naher Verbindung zu stehen. Nach dem Bragg'schen Modell ist dagegen der Übergang von der Symmetrie des Calcits zu der des Dolomits sehr erschwert.

Wie man aus Vorstellungen über die Kristallstruktur unter günstigen Umständen sogar schwierige Fragen der chemischen Konstitution organischer Verbindungen ihrer Lösung näher bringen kann, zeigt *Fritz Weigert* (*Zeitschr. f. Elektroch.* 24, 1918, S. 222

bis 237) bei Gelegenheit seiner **Untersuchung der phototropen Eigenschaften des β -Tetrachlor- α -Ketonaphthalins**. Unter Phototropie versteht man nach *Marckwald* die Eigenschaft der Kristalle mancher organischer Verbindungen, im Lichte dunkle Farben anzunehmen. Dabei macht man die Erfahrung, daß wiederum diejenigen Wellen aufhellend wirken, die in der entstehenden phototropen Verfärbung absorbiert werden. Sehr interessant ist bei dem erwähnten rhombisch kristallisierenden Stoff, daß er in verschiedenen Ebenen schwingendes Licht ganz verschieden absorbiert, also in verschiedenen Richtungen verschiedene Farbenänderungen hervorgerufen werden. Für die Substanz kann man nun folgende chemische Konstitutionsformeln aufstellen:



Eine Entscheidung für eine der beiden Formeln ist möglich, wenn man erwägt, daß z. B. in einer Ebene senkrecht zu der Ebene der beiden Benzolkerne schwingendes Licht einfällt. Alsdann muß nach theoretischen Vorstellungen, die sich auf das Rutherford-Bohrsche Atommodell gründen, eine Änderung gewisser Entfernungen in dem Gitter der Kristalle bei Absorption der betreffenden Lichtwellen stattfinden. Durch diese kann z. B. eine Annäherung der CO-Gruppen in zwei benachbarten Molekülen erfolgen, wodurch eine Verschiebung ultravioletter Absorptionsbanden nach dem langwelligen Ende des Spektrums hin, also eine Färbung verursacht wird. Mit dieser Vorstellung ist aber nur die Formel I (s. o.) verträglich, während das Konstitutionsbild II zu Widersprüchen mit den Beobachtungen führen muß.

W. E.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Beziehungen des Gruber-Widal zum Fleckfieber und zur Weil-Felix-Reaktion. (*Theodor Zlocisti*, 3. Beil. zum Archiv für Schiffs- und Tropenhygiene, Bd. 22, S. 1—88.) Die von *Gruber* und *Durham* zuerst entdeckte, von *Widal* in die Praxis — zunächst der Typhusdiagnose — eingeführte Tatsache, daß sich im Serum der besonders mit Bakterien der Coligruppe infizierten Kranken Stoffe (Antikörper?) gebildet haben, die auch bei größeren Serumverdünnungen noch imstande sind, die Erreger zu agglutinieren, hat die großen Erwartungen nicht erfüllt, die für die Diagnosenstellung daran geknüpft wurden. Wenn es auch über das Ziel hinausgeht, die Spezifität dieser Agglutinationsreaktionen anzuzweifeln, so hat sich doch gezeigt, daß eine Reihe von Reserven gemacht werden müssen, etwa nach der Art der Verklumpung (fein- oder grobklumpig), nach dem Titer (Auftreten bei schwacher oder erheblicher Serumverdünnung), nach den Gruppen- und sonstigen Mitagglutinationen, nach den Hemmungen usw. Besonders schwer hat die Verwendbarkeit der Methode zumal beim Bauchtyphus gelitten, bei der sie ihre ersten Erfolge hatte. Zwar hat sich schon früh das Auftreten von Normalagglutination gegen schlichte Deutung gesperrt und dazu geführt, eine untere Verdünnungsgrenze als beweislich vorzu-

schlagen; allein erst der Krieg, der nahezu die ganze europäische Menschheit einer vielfachen Impfung mit abgetöteten Typhusbakterien aussetzte, vernichtete die praktische Brauchbarkeit der Methode. Alle Versuche, durch Festsetzung von Grenzwerten die Reaktion zu retten, sind faktisch gescheitert, um so mehr, als sich ergab, daß heterologe hochfieberhafte Krankheiten nicht nur imstande sind, selbst die bereits aus einer früheren Infektion herstammenden, aber schon verschwundenen Agglutinine wieder anzuregen, sondern in gleicher Weise auf nur noch angedeutete und nicht mehr nachweisbare Impfagglutinine einzuwirken. Die Verwirrung wurde um so größer, als sich herausstellte, daß diese unspezifische Anregung selbst bis zu den höchsten (zuvor als unbedingt beweislich geltenden) Titern erfolgen kann.

Ein Opfer dieser Verwirrung schien im Anfang des Krieges das Fleckfieber zu werden, das in Deutschland fast nur noch medikohistorisches Interesse hatte. Es wurde — weil der Widal positiv befunden wurde — nosologisch mit dem Bauchtyphus zusammengebracht, mit dem es nach der Art der Infektionsübertragung wie im klinischen Belang keine anderen Gemeinsamkeiten hatte, als sonst mit hochfieberhaften Krankheiten. Durch systematische Blutuntersuchungen an Fleckfieberkranken konnte *Zlocisti* die Verhältnisse klären. Es ergab sich zunächst aus einem sicher nicht geimpften Material, daß in etwa 30 % der Fälle der Widal negativ ist. Bei den restlichen positiven Fällen war zu zeigen, daß sie entweder einen durch den Krankheitsverlauf unberührten, sehr hohen Titer hatten, oder daß die Agglutination ohne Schwankungen nur in Verdünnung zu 1:75 auftrat. Diese Normalagglutination wird versucht in ihrer Eigenart schärfer zu erkennen. Die wesentlichste Erkenntnis blieb, daß sie keine Konstante ist. Sie kann (ohne erkennbare Ursache) in die Latenz verschwinden und andererseits (unter der Einwirkung irgendwelcher Ursachen) selbst bis zu hohen Titern ansteigen. Gestützt konnte diese Auffassung von der Normalagglutination werden durch die einfacheren Verhältnisse bei den Mitagglutinationen gegen Paratyphus-A- und -B-Bazillen im Fleckfieber. In 15 % der Fälle mit positivem Widal mußte das Auftreten der Reaktion zurückgeführt werden auf die unspezifische Einwirkung eines infektiösen Prozesses zu einer spezifisch anmutenden Kurve.

Schon 1915 war es *E. Weil* (Prag) und *A. Felix* gelungen, aus dem Harn eines Fleckfieberkranken einen zur Gruppe des *Proteus* gehörigen Bazillus zu züchten, der (in vielen Tausenden von Nachprüfungen) vom Serum der Exanthemiker in nahezu 100 % in spezifischer Weise agglutiniert wird. Mit dieser Entdeckung ist die Fleckfieberdiagnose vollkommen sichergestellt worden, da die Weil-Felix-Reaktion ganz ausschließlich im Fleckfieber auftritt. Sie und die Erkenntnis, daß die Kleiderlaus die Krankheit weiterschleppt, stellen den positiven und gesicherten Eintrag der modernen Fleckfieberforschung dar, wobei die Frage nach dem Zustandekommen der Reaktion, etwa im Sinne eines ätiologischen Zusammenhanges, außer Betracht bleibt. Aus der Gesetzmäßigkeit der Titerhöhenkurven hatte *Zlocisti* versucht, eine Seroprognostik des Fleckfiebers zu begründen. Er vergleicht jetzt die Kurven des Weil-Felix mit denen des Widal im Fleckfieber und stellt fest, daß ein wieder neu angeregter Widal in der Regel einige Tage nach dem Weil-Felix auftritt, daß sein Maximum Tage, ja Wochen nach der Entfieberung auftritt, im Gegensatz zum Weil-Felix, der es um die Zeit der Entfieberung erreicht. Wesentlich ist, daß der

Weil-Felix nicht durch andersgeartete, auch nicht durch purulente Krankheiten beeinflußt wird, während der Widal infolge seiner prinzipiellen Labilität entscheidend aus seiner Kurve gedrängt wird. Auch diese Verschiedenheiten stützen die Ansicht der alten Wiener Schule (v. Hildebrandt) und der Engländer (Murchison), daß das Fleckfieber nosologisch von den Typhen unterschieden ist — eine Einsicht, die von grundlegender epidemiologischer Bedeutung ist.

Autoreferat.

Über das Verhalten lebender Froscheier und Froschlarven im destillierten Wasser. Zu diesem Thema äußert sich Jaroslav Krizenecky im Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen (Bd. 42). Krizenecky zeigt, daß jedes Froschlarvenstadium im destillierten Wasser lebensfähig ist, ja sogar, daß die Larven in ihm evident größer werden als im gewöhnlichen Wasser; wahrscheinlich, weil sie dem hypotonischen Medium leichter Wasser entziehen. Der Größenunterschied bestand nur, solange die Versuchsobjekte nicht gefüttert wurden. Krizenecky nimmt zur Erklärung an, daß in die Zeit des Beginnes der Fütterung der Funktionsbeginn der Nieren fiel und die Ausscheidung des Wassers im Harn bewirkte. Bei gemischter Kost war das Wachstums- und Entwicklungstempo der im destillierten Wasser gehaltenen Kaulquappen dem der Individuen aus gewöhnlichem Wasser gleich; dagegen ging das Wachstum und die Entwicklung bei rein mit Fleisch gefütterten Larven im destillierten Wasser langsamer vor sich als im harten. Der Mechanismus dieser Erscheinung konnte bislang nicht erklärt werden.

Die Regenerationsfähigkeit der Seeigelstacheln hat kürzlich neu untersucht Jaroslav Krizenecky im Rousschen Archiv für Entwicklungsmechanik, Band 42. Die Beobachtungen Krizeneckys an Mittelmeersseeigeln haben in Kürze das folgende ergeben: Die Stacheln der Seeigel sind nicht nur einer einmaligen, sondern auch mehrfacher Regeneration fähig; Doppel- und Trippleregenerate kommen vor. Die Regenerationsfähigkeit bleibt auch im ausgewachsenen Zustande; sie ist in dem ganzen Längenausmaß der Stacheln gleich, es scheint aber, daß die nahe der Basis abgebrochenen Stacheln abgeworfen werden, was als Autotomie gedeutet werden könnte. Tatsächlich konnte K. beobachten, daß die Tiere ihre gesamte Stachelbedeckung abwarfen, um sie nach einigen Wochen aus den alten Tuberkeln vollständig wieder zu regenerieren. Leider wurden in dieser Arbeit die zum Teil analogen Ergebnisse von Pozo und Mortensen nicht berücksichtigt.

J. R.

Walfischfleisch als Nahrungsmittel. Seit Ende 1917 gehört (nach dem *Scientific American*) Walfischfleisch zu den regelmäßigen Waren des Lebensmittelmarktes einer größeren Anzahl amerikanischer Städte. Zunächst kam es nach Seattle und Portland, bald darauf nach San Francisco und, als die Zufuhr größer wurde, im Juli vorigen Jahres nach Chicago, seit dem Oktober kommt es auch nach New York und den Oststaaten. (Die erste Sendung nach New York [300 Pfd.] ging an Dr. Andrews vom Naturhistorischen Museum und wurde dort in dem Restaurant verwertet.) Es ist fertig zubereitet von Rindfleisch weder im Aussehen noch im Geschmack noch im Geruch zu unterscheiden. Man verwendet es entweder frisch geschlachtet oder als Konservenfleisch, und angeblich besteht weder in der Güte noch im Geschmack ein Unterschied zwischen dem frischen Fleisch und den Konserven. Das mit der Verteilung beauftragte Lebensmittelamt befördert

nach Möglichkeit die Verwendung der Konserven, da diese die Zurichtung und die Verteilung sehr erleichtern; es hat dementsprechend auch den Preis für Konserven niedrig gehalten. Das Walfischfleisch hat bei der Versorgung während des Krieges eine nicht unbedeutende Rolle gespielt und dem unmäßigen Abschachten von Vieh aller Art vorgebeugt.

Übrigens ist es nur in Amerika eine Neuheit, in Asien und ganz besonders in Japan ist es Stapelware. Die Japaner verwenden es gedämpft oder auch roh. Sie dämpfen es mit Gemüse, roh behandeln sie das Fleisch wie ein Steak mit ihrer nationalen braunen Sauce. Der Preis schwankt in Japan je nach der Jahreszeit zwischen 7 und 15 Cent das Pfund, er ist am höchsten im Winter, wenn wenig kleine Fische zu haben sind. Andrews schreibt, man habe keine rechte Vorstellung davon, eine wie große Rolle Walfischfleisch im Leben der ärmeren Japaner spielt. Zu arm, um Rindfleisch zu kaufen, würde ihre Nahrung wenig mehr als Reis, Fisch und Gemüse umfassen, wären nicht die die großen Zufuhren an Fleisch und Speck von den Walfischen. Die eßbaren Teile sind für die Japaner nicht nur Fleisch und Speck, sondern auch Herz, Leber, Zunge, Darm und andere Teile der Eingeweide. Was übrig bleibt, verarbeitet man auf Öl und auf Düngemittel. Andrews hat das Fleisch viele Tage hintereinander gegessen und fand es schmackhaft und bekömmlich. Einer der als Nahrungsmittel besten Teile des Walfisches ist das Herz, das bei einem großen Tiere etwa $1\frac{1}{2}$ t wiegt. Auch die Zunge ist eßbar, wenn sie auch etwas zäher als Rinderzunge ist. Sie wiegt 3000 Pfund und darüber. Der in Japan erzielte Erlös aus Lebensmitteln von einem einzelnen Walfisch beträgt nach den im *Scientific American* enthaltenen Angaben zwischen 750 Dollar von einem 45 Fuß langen Wal und 4000 Dollar von einem 75 Fuß langen. Das Fleisch des Walfisches liegt in großen Massen von der Schädelbasis bis zur Schwanzflosse und abwärts bis zu der Mittellinie, d. h. vollständig über die Rippenpartie. Dieses Fleisch, durchweg von derselben Qualität, macht etwa 10 t aus für je 50 Fuß Länge und je 50 t Bruttogewicht des Walfisches.

Die amerikanischen Anlagen für die Verarbeitung und für die Lagerhäuser liegen längs der nördlichen pazifischen Küste verstreut. Acht in Betrieb befindliche Stationen liegen an den Küsten der Vereinigten Staaten und gehören im wesentlichen amerikanischen und kanadischen Unternehmern. Die Norweger besitzen eine Anlage auf den Aleuten, zwei Stationen liegen auf Vancouver, zwei auf den Königin-Charlotten-Inseln, eine in Bay City (Washington), eine in Port Armstrong, eine andere an der Alaskaküste. Die nächstgelegene Station in Bay City hat in der vorjährigen Lieferungsperiode 300 t Walfischfleisch auf amerikanische und auf auswärtige Märkte gebracht, einschließlich der Konserven. Die sieben amerikanischen Stationen haben nach ihrem eigenen Bericht im Jahre 1917 im ganzen 659 Walfische gefangen. Bei der Zubereitung wird das Fleisch ebenso wie das irgendeines frisch gefangenen Fisches behandelt. Es wird in Eis verpackt, nach einem Hafen gebracht, der Eisenbahnpunkt ist, und von dort im Kühlwagen verschickt.

Eine neue Form der Kohlenuntersuchung, die von der in der Praxis üblichen Methode ziemlich abweicht, beschreibt Dr. H. Gröppel. Die neue Methode gestattet, die Feuchtigkeit, die Koksasche und den Aschegehalt einer Kohle hintereinander in einfacher Weise zu bestimmen. Man füllt etwa 1 g Kohle in ein an

beiden Enden offenes Glasröhrchen von besonderer Form, das hierauf mit einem größeren und einem kleineren Chlorcalciumrohr verbunden wird; letzteres wurde vorher gewogen und dient zur Absorption des Wassers. Man leitet nun Wasserstoff durch den Apparat hindurch und taucht ihn, sobald die Luft daraus verdrängt ist, in ein Schwefelsäurebad, das allmählich auf 105° erwärmt wird. Nach etwa einer halben Stunde ist die Kohlenprobe vollständig wasserfrei und das entwichene Wasser in dem vorgeschalteten gewogenen Chlorcalciumrohr gebunden, das nun wiederum gewogen wird. Die so erhaltenen Werte geben den Wassergehalt der Kohle viel zuverlässiger an als bei der Austreibung des Wassers unter Luftzutritt im Trockenschrank.

Die Koksausbeute bestimmt man in der entwässerten Probe ebenfalls im Wasserstoffstrom, doch erhitzt man jetzt das Glasröhrchen allmählich bis fast zum Schmelzen und läßt dann langsam erkalten. Bevor man den Koksrückstand mit dem Röhrchen wiegt, leitet man zur Verdrängung des Wasserstoffs noch kurze Zeit Luft hindurch. Die so gefundenen Werte sind um 1—1,5% höher als bei Anwendung der Bochumer Methode, dagegen niedriger als bei Anwendung der Methode von Muck; sie stellen demnach Mittelwerte dar. Der Koks wird in dem Röhrchen vollkommen entgast, andererseits ist infolge der Abwesenheit von Luft ein teilweises Verbrennen des Kokses ausgeschlossen.

Sodann wird die Asche bestimmt, indem man den Koksrückstand im Sauerstoffstrom verbrennt. Die vollständige Verbrennung des Kokses geht, sobald er sich einmal entzündet hat, ohne äußere Wärmezufuhr vor sich, so daß man das Glasröhrchen nur zum Schluß nochmals auf Rotglut zu erhitzen braucht. Man läßt hierauf langsam erkalten, verdrängt den Sauerstoff durch Luft und wiegt das Röhrchen mit der Asche. Die so erhaltenen Werte stimmen gut mit denen überein, die man beim Verbrennen einer Kohlenprobe in der Muffel erhält, doch nimmt letztere Methode wesentlich mehr Zeit in Anspruch. Schließlich bestimmt Verfasser auch noch den gebildeten Teer und das Destillationswasser, indem er an das die Kohlenprobe enthaltende Röhrchen ein mehrfach umgebogenes, in seinem letzten Teile mit Glasperlen gefülltes Glasrohr anschmilzt. Dieses Ansatzrohr wird während der Verkokung der Kohlenprobe in eine Kältemischung gestellt, so daß sich Teer und Gaswasser darin verdichten. Nach beendeter Verkokung wird das Ansatzrohr mit einer Feile abgetrennt und gewogen. Hierauf wird der Teer mit Benzol und Chloroform in Lösung gebracht und das leere Ansatzrohr nach dem Trocknen wieder gewogen. Verfasser führt eine Reihe von Beleganalysen an, die die Brauchbarkeit der neuen Methode dartun. (*Chemiker-Zeitung*, 41. Jahrgang, S. 431—434.) S.

Wiederentdeckung der Wandertaube. Die nordamerikanische wilde Taube oder Wandertaube, die früher so gewöhnlich in Nordamerika war und in Scharen von mehr als 2 Billionen gesehen worden ist, gilt jetzt allgemein für ausgestorben. Die Taube, die für die letzte überlebende gehalten wurde,

starb im Zoologischen Garten in Cincinnati im Sommer 1914. Das rapide Verschwinden dieser Vögel ist ein Geheimnis, das kaum durch ihr rücksichtsloses Abschachten durch den Menschen erklärt werden kann. Nach einem in der *Science* (1. November 1918) veröffentlichten Briefe wurde eine Schar von Wandertauben Anfang Oktober 1918 in der Nähe von West Galway und Charlton im Staate New York gesehen. Einer der Vögel ging innerhalb weniger Fuß vor dem Beobachter nieder und dieser, angeblich ein sehr erfahrener Ornithologe, erklärt, daß hier keinerlei Zweifel über die Identität möglich sei.

Langlebigkeit von Pflanzensamen. Die Berichte über die Langlebigkeit von Pflanzensamen gehören meist in das Reich der Fabel, wie z. B. die Erzählung von dem Mumienweizen. Die *Nature* berichtet über einen Fall, in dem Ginstersemen zweifellos aufging, nachdem er 25 Jahre in der Erde geruht hatte. Ein Ginsterfeld von 40 Acker, heidebedecktes Land in Cumberland, wurde im Jahre 1893 drainiert, gesäubert und ungepflügt. Nachdem man es mehrere Jahre lang als ackerbares Land behandelt hatte, wandelte man es in Weideland um, wobei zahlreiche junge Ginsterpflanzen erschienen. Diese wurden sorgfältig ausgejätet, und die Weide blieb frei von Ginster bis zum letzten Winter, wo man sie umpflügte und mit Hafer besäte. Nach dem Einbringen der Ernte erschienen auf dem ganzen Felde junge Ginsterpflanzen. Offenbar hat das letzte Umpflügen die Samen, die während eines Vierteljahrhunderts darin begraben gelegen hatten, wieder an die Oberfläche gebracht und ins Leben gerufen. — **Zur Psychologie der Autoführer.** Eine Eisenbahn im Westen Amerikas hat Beobachtungen an etwa 20 000 Autoführern an Bahnübergängen angestellt und klassifiziert sie nach ihrem Verhalten, wenn sie sich einem Eisenbahnübergang nähern, in der folgenden Weise: 525 Führer rasten über die Übergänge hinweg, wenn das Läutewerk schon den herannahenden Zug ankündigte, 69½% von den 20 000 sahen weder links noch rechts, 27,8% sahen wenigstens nach einer Richtung, während sie die Bahn in unverminderter Geschwindigkeit kreuzten, 2,7% nahmen sich die Mühe, nach rechts und nach links zu sehen, nur 35 von 20 000 hielten die Maschine an, bevor sie die Schienen kreuzten, um sich zu vergewissern, daß kein Zug naht. — **Ballistischer Trabant der Erde.** In einer Erörterung des deutschen weittragenden Geschützes in dem *Journal of the royal artillery* betrachtet der Verfasser die Möglichkeit eines Geschützes, das ein Geschloß gänzlich von der Erde weg in den Raum hinauschießt. Die dazu erforderliche Geschwindigkeit ist nicht so sehr viel größer als die bisher erreichte von einer Meile (1600m) pro Sekunde beim Verlassen der Geschütz-mündung. Wenn man imstande ist, diese Geschwindigkeit auf 5 Meilen pro Sekunde zu erhöhen, so wird dieses Geschloß, wenn es unter einem geeigneten Steigungswinkel abgeschossen wird, um die Erde kreisen wie ein dicht an der Erde umlaufender Trabant und seine Bahn 17- bis 18-mal täglich durchlaufen. Mit einer Geschwindigkeit von etwa 7 Meilen pro Sekunde wird es in den Raum hinausfliegen, ohne zurückzukommen.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen).

Annalen der Physik;
Nr. 11, 1918.

Untersuchungen über anisotropé Flüssigkeiten; von Yngve Björnstaht. Es wurden Messungen über die Ex-

tinktion des Lichtes bei anisotropen Flüssigkeiten ausgeführt. Der Extinktionkoeffizient nimmt mit der Temperatur zu und mit zunehmender Wellenlänge ab. — Die Lichtextinktion ist im elektrischen Felde ver-

änderlich und steigt plötzlich bei etwa 100 Volt/cm zu einem Wert, der dann beinahe konstant ist. — Gewisse anisotrope Flüssigkeiten zeigen im elektrischen Felde eine Doppelbrechung, welche einen Zustand der Sättigung erreicht. — Die Grenzschicht zwischen anisotroper und isotroper Flüssigkeit zeigt im elektrischen Felde ein Verhalten, welches man als eine Variation der Dielektrizitätskonstante auslegen kann.

Über die spektrale Polarisation des diffusen Sonnenlichts in der Erdatmosphäre; von H. Dember und M. Uebe. Die Verfasser führten in Teneriffa mit Hilfe des Demberschen lichtelektrischen Spektralphotometers Untersuchungen über die neutralen Punkte der Polarisation des diffusen Sonnenlichts in der Erdatmosphäre aus. Sie fanden, daß der Winkelabstand des Brewsterschen Punktes von der Sonne im wesentlichen von der Zenitdistanz der Sonne unabhängig ist, daß unterhalb der Sonne noch ein zweiter neutraler Punkt in etwa 25,5° Abstand vorhanden ist, dessen Lage durch die atmosphärischen Verhältnisse stark beeinflusst wird, daß beim Brewsterschen neutralen Spektralband die kurzwelligen Teile der Sonne näher liegen als die langwelligen, beim Aragoschen die langwelligen dem Gegenpunkt der Sonne näher als die kurzwelligen.

Nr. 12, 1918.

Über die natürliche optische Aktivität isotroper Flüssigkeiten; von A. Landé. Die Theorie der lichtdrehenden Flüssigkeiten von Born wird mathematisch weitergeführt und einige einfache Modelle aktiver Moleküle, besonders das asymmetrische Tetraeder, im Hinblick auf verschiedene Kraftkoppelungsarten zwischen den Dispersionselektronen besprochen.

Magnetische Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in einem Gase Bohrscher Moleküle; von Franz Pauer. Die Arbeit enthält die Ableitung der Verdetschen Konstanten eines Gases im Sinne Bohrscher Molekülvorstellung und der Quantentheorie. Als Ergänzung und Verallgemeinerung einer Dissertation von Herrn Scherrer (Göttingen 1916) bildet sie die mathematische Grundlage für mehrere Formeln, die Herr Sommerfeld in seiner letzten Annalenarbeit benutzt, um die Konstitution von H₂, O₂ und N₂ sowie gewisse quantentheoretische Voraussetzungen zu prüfen.

Nr. 13, 1918.

Zur Hydrodynamik schleimig-kristallinischer Flüssigkeiten; von O. Lehmann. Die Anisotropie solcher bezüglich der inneren Reibung zeigt sich schon beim Zusammenfließen einzelner flüssiger Kristalle, insofern sich dieselben (speziell bei Ammoniumchlorat und Lecithin) so verhalten, als ob sie aus Blättchen beständen, deren Flächen senkrecht zur Längsachse des Kristalls (der optischen Achse) gerichtet sind und die leicht längs diesen Flächen aneinander gleiten (z. B. sich zwischen einander schieben) nicht aber senkrecht dazu. Größere Mengen kristallinischer Flüssigkeit enthalten immer zahlreiche „konische Störungen“, an welchen Stellen die Blättchenormalen fächerartig gruppiert sind. Diese bedingen entsprechend zellenartigen Verlauf der hydrodynamischen Stromlinien und zwar so, daß die optischen Achsen immer in geraden Strahlen verlaufen. Die Lage der konischen Störung ändert sich aber durch die Strömung und damit auch die Wellenform der Stromlinien.

Über die Bedingungen für die Emission der Spektren des Stickstoffs; von O. Hardtke. Für die Spektren des Stickstoffs (Bogen- und Funkenlinien, N₂⁺-N₂⁺⁺-, N-Banden) werden die Bedingungen angegeben, unter denen sie auftreten. Von einer größeren Anzahl neuer Bogenlinien werden die Wellenlängen mitgeteilt. — Die 3. positive Bandengruppe gehört nicht dem Stickstoff, sondern einer seiner Sauerstoffverbindungen an.

Ionisierung verschiedener Elemente und Auftreten ihrer Lichtemission in der positiven Schicht; von O. Hardtke. Es wird der Zusammenhang zwischen dem Ort des Auftretens der Lichtemission und den Ionisie-

rungsspannungen der Bestandteile eines Gemisches von Stickstoff, Argon und Quecksilberdampf dargestellt.

Prüfung der Thomsonschen Theorie der Thermoelektrizität durch Messungen an Peltierwärme, Thermokraft und Thomsonwärme, die letzteren nach einer neuen Methode; von G. Borelius. Es wurde gezeigt,

daß die von der Formel $e = \frac{\pi}{T}$ geforderte Proportionalität zwischen Thermokraft e und Peltierwärme π an den Kombinationen von neuen Metallen sehr genau erfüllt war. Die absolute Erfüllung der Gleichung wurde an einer Kombination bestätigt. Eine Prüfung

der Gleichung $\tau_1 - \tau_2 = T \frac{d\epsilon_{12}}{dT}$ (τ Thomsonkoeffizient) ergab ebenfalls gute Bestätigung der Theorie. Das Meßverfahren war teilweise neu. Besonders wurde eine neue Methode zur Messung des Thomseffektes entwickelt, die sich auf dem Gleichgewichtszustand an einem stromdurchflossenen Drahte gründet.

Nr. 14, 1918.

Über die physikalischen Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie; von F. Kottler. Gravitation ist Trägheit. Die Anwesenheit der Materie ruft im umgebenden Medium fiktive Spannungen hervor (Raum und Zeitmaße deformieren sich), so daß das Trägheitsgesetz von Ort zu Ort variiert. Diejenige Abänderung des (Minkowskischen) Trägheitsgesetzes wird nun gesucht, welche den bestmöglichen Anschluß an die Newtonsche Theorie und die Erfahrung liefert. Hieraus ergeben sich Einsteins Gleichungen.

Elastische Oberflächen-Planwellen; von Karl Uller. Während es nur 2 Typen von freien elastischen Wellen gibt, gibt es für an eine Oberfläche gebundene elastische Wellen deren 3, nämlich die Verdünnungswelle, die Scheerungswelle sowie das durch die Oberfläche gekoppelte Wellenpaar. Von diesem sind 3 Arten möglich, die als α -, β - und γ -Wellenpaar unterschieden und charakterisiert werden. Wesentlich ist in allen diesen gebundenen Wellen, daß die Phasen- und Amplitudengänge von der Elliptizität der Schwingung abhängig sind. Dementsprechend nimmt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit längs der Oberfläche ab, wenn die Elliptizität von Geradlinigkeit abweicht. Die Rayleigh-Welle, die man bisher für die alleinige Oberflächenwelle hielt, ist ein α -Wellenpaar. In der Tonerzeugung tritt das γ -Wellenpaar häufig auf.

Nr. 15, 1918.

Röntgenstrahlinterferenz und Mischkristalle; von M. v. Laue. Wenn in Mischkristallen die Atome der Komponenten nach Zufall über das Raumgitter verteilt sind, so müssen bei der Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen zwar dieselben Interferenzen auftreten, wie bei reinen Kristallen, daneben aber eine zerstreute Strahlung ohne scharfe Maxima; letztere ist die Folge der Zufälligkeiten in der Besetzung des Raumgitters. Die Wärmebewegung, welche schon bei reinen Kristallen eine zerstreute Strahlung hervorruft, verstärkt hier diesen Effekt noch.

Über die Entstehung der Kathodenstrahlen; von Edgar Meyer und Hermann Schüler. Es werden die Erscheinungen studiert, die man erhält, falls ein für Kathodenstrahlen undurchlässiger Körper in den Crookeschen Dunkelraum gebracht wird, und gleichzeitig ein transversales Magnetfeld einwirkt. Die Resultate sind quantitativ im Einklang mit der Hypothese, daß die Kathodenstrahlen durch den Aufprall von Kanalstrahlen auf die Kathode erzeugt werden.

Nr. 16, 1918.

Beiträge zur Kenntnis der Polarisation und Farbe des Himmelslichtes. I. Polarisation; von A. Gockel. Es werden die Resultate der über ein Jahr sich erstreckenden Messungen der Polarisation des Himmelslichtes, vorwiegend im Zenit und 90° von der Sonne entfernt, mitgeteilt und ihre Abhängigkeit von Sonnenstand, Tages- und Jahreszeit und meteorologischen Faktoren

besprochen. Die Messungen wurden in Freiburg in der Schweiz, zum kleineren Teil auch im Gebirge ausgeführt.

Nr. 17, 1918.

Versuch einer Theorie des Kanalstrahlenlichtes; von Gregor Huch. I. Abhandlung. Die Arbeit stützt sich auf die bekannten Untersuchungen Vegards über den Dopplereffekt der Kanalstrahlen und behandelt zunächst die spektralen Messungen in Wasserstoff. Es wird angenommen, daß beim lichterregenden Stoß ein Ausgleich der Schwingungsenergien eintritt derart, daß Energie von dem stärker schwingenden auf den schwächer schwingenden Strahler übergeht bis zu einer Verteilung (K), die irgendwie durch die Eigenschaften der Teilchen bedingt ist und als Verhältnis der Schwingungskapazitäten aufgefaßt wird. Das Verhältnis der ruhenden (S_r) zur bewegten Intensität (S_b) ist deshalb variabel mit der Restenergie des bewegten Strahlers und hängt damit vom freien Wege (λ), der Geschwindigkeit (v) und der Ausstrahlung in der Zeiteinheit ($1-\alpha$) ab. Diese Beziehung ist ausgedrückt durch

$$\frac{S_r}{S_b} = \frac{K}{1-\alpha v}$$

Die Messungen werden im Sinne dieser Gleichung gedeutet, der Spannungseffekt durch die Annahme zweier mit den Entladungsbedingungen veränderlichen Anteile von gleichem Spektrum, aber verschiedener Kapazität (H und H_2) im Strahl.

Über die Energiegleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie; von R. J. Humm. Es wird gezeigt, daß diese Gleichungen auch als Bewegungsgleichungen angesehen werden können, also als Gleichungen der Weltlinien der Materie.

Nr. 18, 1918.

Die Anwendung der Planckschen Erweiterung der Quantenhypothese auf rotierende Gebilde mit zwei Freiheitsgraden in einem Richtungsfelde; von Sophie Rotszajn. Die Plancksche Erweiterung der Quantentheorie wird auf rotierende Gebilde mit zwei Freiheitsgraden in einem Richtungsfelde angewendet. Einerseits wird dabei, infolge der Anwendung des „inkohärenten Verfahrens“, eine neue Formel für die vol.-spez. Wärme zweier Freiheitsgrade erhalten; unter den sonst bekannten analogen Formeln (Ehrenfest, Holm, v. Weynshoff, Planck) schließt sich diese den experimentellen Ergebnissen am engsten an, was entgegen manchem Zweifel für das Plancksche Verfahren mindestens in der Quantentheorie der Materie spricht. Andererseits ergibt sich für die Quantentheorie des Paramagnetismus ein neues (unabhängig neuerdings auch von Herrn F. Reiche erhaltenes) Resultat, namentlich die Korrektur der Langerinschen Formel für die Suszeptibilität; sie liefert eine Erweiterung der Untersuchungen des Herrn v. Weynshoff über Gebilde mit einem Freiheitsgrade.

Zur Theorie der Röntgenspektren; von F. Reiche und A. Smekal. Im Anschluß an Vorstellungen von Debye und Vegard über die Emission der Röntgenstrahlung wird für den Fall, daß K - und L -Ring in einer Ebene liegen, die Emission von $K\alpha$ unter Berücksichtigung der elektrischen Störungen berechnet und gezeigt, daß infolge der Störungen die von Debye konstatierte Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Werten verloren geht. Mit keiner Kombination von Elektronenzahlen in den beiden Ringen ist ein Erfolg zu erzielen. Man muß daher entweder annehmen, daß K - und L -Ring nicht in einer Ebene liegen (dann ist der Einfluß der magnetischen Störungen zu berücksichtigen) oder sich der Kosselschen Anschauungsweise von der Entstehung der Röntgenlinien anschließen.

Die Polarisation des Lichtes in trüben Medien im Hinblick auf das Himmelslicht; von F. v. Hauer. Es wird die Polarisation des in einer Mastixlösung zerstreuten Lichtes für verschiedenfarbiges einfallendes Licht untersucht. Dabei zeigt sich, daß die 1901 von Pernter erhaltenen Ergebnisse zum Teil berichtigt werden müssen. Die Polarisation wird im Gegensatz zu Pernter als unabhängig von der Intensität gefunden, und ihr größter Wert für verschiedene Spektralgebiete ist im Rots Zusatz grober Teilchen zur Lösung bringt ihn ins Blau. Es werden ferner Polarisationsmessungen in verschiedenen Winkeln gemacht, sowie die diesbezüglichen Verhältnisse und früheren Arbeiten diskutiert. Als wesentlichster Grund (neben andern) für die Entstehung des Himmelslichtes wird auch hier die Rayleighsche Zerstreuung angesehen.

Nr. 19, 1918.

Über die atomistische Struktur der Elektrizität; von R. Bär. Es werden Meßreihen mitgeteilt, die zeigen, daß die reziproken Werte der Halbpotentiale hinreichend kleiner geladener Al-Partikeln im vertikalen elektrostatischen Feld sich innerhalb der ebenfalls experimentell bestimmten Fehlergrenzen verhalten wie die kleinsten ganzen Zahlen. Um den Messungen möglichst große Beweiskraft zu geben, werden an jeder Partikel häufige Ladungsänderungen vorgenommen, und zwar lichtelektrische Aufladung und Entladung durch Bestrahlung der Luft mit einem Ra-Präparat.

Über einige Grundbegriffe in der Optik dispergierender Medien; von Ragnar Lundblad. Für die ältere Elektromagnetik der Isolatoren waren die Vektoren C und D von fundamentaler Bedeutung. Wenn man aber die atomistische Anschauung durchweg benutzt, tritt in ihre Stelle der Vektor ϕ der dielektrischen Polarisation nebst dem komplexen Brechungsindex n . Es werden C , D und H sowie „die erregende elektrische Kraft“ und die Feldenergie mittels P und n ausgedrückt, und zwar auch betreffs absorbierender Medien. Es wird ferner gezeigt, daß man gerade das Maxwell'sche C bekommt, wenn man die durchschnittliche elektrische Kraft berechnet, vorausgesetzt jedoch, daß man auch zwischen den beiden Ladungen des elementaren Dipols das Coulombsche Gesetz annimmt.

Elementare Theorie der atmosphärischen Spiegelungen; von Alfred Wegener. Berücksichtigt wird die Erdkrümmung und die Krümmung des Strahls innerhalb jeder Luftschicht. Vereinfachend wird angenommen, daß eine Schichtgrenze mit scharfem Temperatursprung besteht, was bei Spiegelung nach oben als das Naturgemäße, bei derjenigen nach unten wenigstens zulässig erscheint. Mit nur elementarer Mathematik werden für Spiegelung nach oben, nach unten und für Zerrbilder der Sonne im Horizont Gleichungen abgeleitet, die eine bequeme quantitative Vergleichung mit Beobachtungsgrößen zulassen. Die Zerrbilder der Sonne finden hier überhaupt ihre erste exakte Erklärung. Überall werden Zahlenbeispiele gegeben, insbesondere wird für die Zerrbilder der Sonne ein ganzer Sonnenuntergang berechnet und abgebildet, wobei auch noch eine bisher unbeachtete, aber in älteren Beobachtungsreihen nachweisbare Bildteilung („Nachspiegelung“) ihre Erklärung findet.

Zur Elektronentheorie der Thermoelektrizität; von G. Borelius. Die Annahme über gleiche Verteilung der Energie zwischen Metallatomen und Elektronen aufgebend, sucht Verfasser die thermoelektrischen Erscheinungen auf die thermische Ausdehnung der Metalle und die Wärmebewegungen der Metallatome zurückzuführen und gelangt für die Thomsonwärme τ zu der Gleichung $\tau = A \frac{\alpha}{\alpha_\infty} - B \frac{c}{c_\infty}$, wo A und B positive Konstanten sind und α , α_∞ , c , c_∞ Ausdehnungskoeffizient und spezifische Wärme bzw. ihre Werte bei hohen Temperaturen sind.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

LIBRARY

RECEIVED

SEP 20 1919

U. S. Department of Commerce
Siebenter Jahrgang.

Heft 16.

18. April 1919.

INHALT:

Über den Zusammenhang von Atmung und Gärung.
Von Prof. Dr. Otto Meyerhof, Kiel. S. 253.
Geräte zur Darstellung des Sehens durch
gute und durch schlechte Brillengläser. Von
Dr. H. Erggelet, Jena. S. 259.
Über Verwitterungsformen im Pariser Grobkalk.
Von Dr. B. Brandt, Belzig i. M. S. 267.
Zuschriften an die Herausgeber:
Das Serienspektrum des Heliums. Von A. Landé,
Elberfeld. S. 269.

Der innere Aufbau der Sterne. Berichtigung.
Von Arnold Kohlschütter, Potsdam. S. 270.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

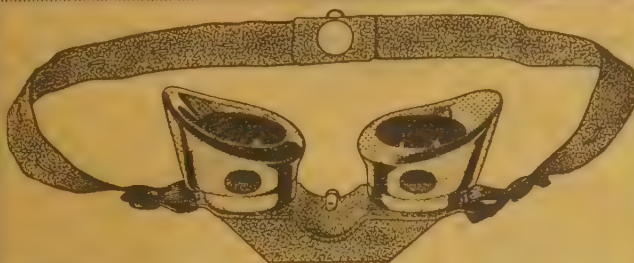
Aufgaben der Wirtschaftsgeographie. Die Entwicklung der chemischen Industrie Frankreichs während des Krieges. Ein neues Verfahren zur Gewinnung von Stickstoff aus der Luft. Schiffspropellerantrieb durch Dampfturbinen. S. 270–272.

ZEISS

LUPEN

für

Naturwissen- schaffler und Naturfreunde



Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36,— für den Jahrgang, M. 9,— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzelle angenommen.

Bei jährlich 6 12 24 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 2050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse G.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Siemens & Halske A.-G.

Wernerwerk Siemensstadt bei Berlin



Röntgeneinrichtung mit
Glühkathoden-Röhre für Diagnostik

Glühkathoden-Röntgenröhre der Siemens & Halske A.-G.

Strahlenhärte u. Röhrenstrom
gleichzeitig und unabhängig
voneinander regulierbar. Die
Röhren sind konstant bei jeder
Härte und jeder Belastung.
(Vgl. Berl. Klin. Wochenschr.
1916, Nr. 12 und 13).

Vorfürhungen in unserm Ausstellungsraum
BERLIN NW, Luisenstrasse 58-59
Langenbeck-Virchow-Haus

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pil-
len in den Apotheken.

in Pillenform

Prospekt zu Diensten.

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

18. April 1919.

Heft 16.

Über den Zusammenhang von Atmung und Gärung.

Von Prof. Dr. Otto Meyerhof, Kiel.

I.

Die Gärung ein „anaërober“ Atmungsvorgang.

Während die Mehrzahl der Organismen, insbesondere die höheren Tiere, die Nahrungsstoffe oxydieren, „aërob“ atmen, gibt es eine Reihe anderer, zumal aus den Klassen der Hefen und Bakterien, deren Stoffwechsel ohne Eingriff des Sauerstoffs verläuft. Unter diesen „anaëroben“ Lebensvorgängen spielt die alkoholische Gärung eine hervorragende Rolle, die ja bei den Bier- und Weinhefen als technisch bedeutsamer Prozeß allgemein bekannt und ausgiebig studiert ist, die aber offenbar in ganz ähnlicher Weise noch bei vielen andern pflanzlichen Zellen verläuft, insbesondere in den keimenden Samen vieler höherer Pflanzen. (Übersichtsformel der Gärung: $C_6H_{12}O_6 = 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$.) Es handelt sich nun bei der Mehrzahl der Erreger der alkoholischen Gärung, wenn nicht bei allen, um *fakultativ*¹⁾ anaërobe Zellen, d. h. um solche, die in Abwesenheit des Sauerstoffs ihren Nahrungs- und Energiebedarf aus Spaltungen gewinnen, dagegen in seiner Gegenwart ihn veratmen und nun auf Grund eines oxydativen Stoffwechsels ebenso gut, eventuell noch besser gedeihen. Pasteur, der die Gärung zuerst als sauerstofffreien, „anaëroben“ Atmungsvorgang²⁾ ansprach³⁾, hielt sie auch insofern für einen Ersatz der Sauerstoffatmung, als sie nach ihm erst bei Abwesenheit von Luft in Erscheinung treten sollte. Für die Hefe ist diese besondere Annahme unrichtig, sie gärt ebenso gut an der Luft, für manche andere Gärungserreger trifft sie wahrscheinlich zu. Zieht man in Rücksicht, daß zur Zeit der Pasteurschen Entdeckung eine „Atmung ohne Sauerstoff“ ganz unerhört erschien, so wird es aus den Zeitumständen gut verständlich, daß Pasteur diesen von ihm selbst als anaërob erwiesenen Vorgang doch nicht schlechthin ohne Sauerstoff von stattem gehen lassen wollte; der Sauerstoff sollte vielmehr statt aus der Luft aus dem vergärenden Zuckermolekül selbst stammen, derart, daß die eine Hälfte des Zuckermoleküls die andere zu Kohlensäure oxydiere. Er kam so

1) Ihnen gegenüber stehen die „obligat Anaëroben“, wie z. B. der Tetanusbazillus, Rauschbrandbazillus u. a., die nur in Abwesenheit von Sauerstoff gedeihen. Sie verbrauchen zwar offenbar auch den etwa vorhandenen Sauerstoff, werden aber hierbei vergiftet und gehen zugrunde.

zum Begriff der „intramolekularen Atmung“, einer Vorstellung, die von dem Pflanzenphysiologen Pfeffer und dem Tierphysiologen Pflüger noch etwas modifiziert und auf den Stoffwechsel der höheren Lebewesen übertragen wurde. Unter diesem Begriff wurden nunmehr die in den Zellen in Abwesenheit von Luft vor sich gehenden Stoffwechselvorgänge zusammengefaßt und eine Reihe von Hypothesen daran geknüpft: einmal sollte es sich auch chemisch dabei vorwiegend um alkoholische Gärung handeln, des weiteren sollte dieser anaërobe Prozeß *stets* bei Ausschluß von Luft als Ersatz der oxydativen Atmung auftreten, schließlich, als wichtigstes, sollte die intramolekulare Atmung ein normaler Teilprozeß der Sauerstoffatmung sein, der Molekülzerfall also unter allen Umständen mit anaëroben Umsetzungen beginnen; die Zerfallsprodukte träten dann bei Abwesenheit von Sauerstoff als solche in Erscheinung (z. B. Alkohol), andernfalls würden sie zu Kohlensäure und Wasser verbrannt.

Während bei pflanzlichen Objekten sich nun wenigstens die ersten beiden Annahmen, die experimentell direkt prüfbar sind, als in manchen Fällen zutreffend erwiesen, haben sich die dahingehenden Beobachtungen an tierischen Zellen durchweg als fehlerhaft herausgestellt. So zeigten z. B. die englischen Forscher Harden und Maclean²⁾ entgegen den Behauptungen Stoklasas³⁾, daß nach Ausschluß der Luft von Organbreien, Preßsäften, getrockneten Organpulvern von Säugetieren weder Alkohol noch Kohlensäure produziert wird. Für das besonders umstrittene Objekt des in Abwesenheit von Sauerstoff arbeitenden Muskels bewiesen Fletcher und Brown⁴⁾, daß die reichlich dabei auftretende Kohlensäure nicht etwa neugebildet, sondern nur infolge zunehmender Säuerung des Muskels aus den Karbonaten ausgetrieben wird. Das gleiche zeigte ich kürzlich für zerkleinerte Froschmuskulatur, während in der Leber höchstens Spuren anaërober Kohlensäure gebildet werden⁵⁾. Auch konnte bei obligat aëroben Zellen, z. B. den kernhaltigen roten Blutzellen der Vögel, bei Fehlen von Sauerstoff keine Wärmebildung beobachtet werden, die als energetischer Ersatz der Oxydationen hätte angesprochen werden können^{6), 7)}. Wenn aber die Endprodukte der alkoholischen Gärung, Alkohol und Kohlensäure, unter anaëroben Bedingungen nicht auftreten, so entfällt erst recht die Hypothese, daß sie normale Zwischenprodukte der Sauerstoffatmung seien.

Anders steht es aber mit einem besonderen Zerfallsprozeß des Zuckers, der auch als Gärung

bezeichnet wird, nämlich der Spaltung des Hexosemoleküls in zwei Moleküle Milchsäure: $C_6H_{12}O_6 = 2 C_3H_6O_3$. Dieser Vorgang spielt sich in der Tat in den Organen der höheren Tiere in großem Umfang ab und hat, wie wir wissen, speziell für die Muskelkontraktion eine hervorragende Bedeutung. Bei der Tätigkeit des Muskels bildet sich unter aeroben wie anaeroben Bedingungen Milchsäure, die nachher während der anschließenden „Erholungsphase“ oxydiert werden kann, sich aber bei Ausschluß von Sauerstoff ansammelt^(8, 9, 10). Wenn wir die Pflüger-Pfeffersche Vorstellung der intramolekularen Atmung von der Alkoholgärung auf die Milchsäurespaltung übertragen, so ist sie offenbar für den arbeitenden Muskel zutreffend. Wie weit sich dies verallgemeinern läßt, sei dahingestellt. Jedenfalls ist Milchsäurebildung aus Kohlehydraten in den verschiedensten tierischen Geweben beobachtet, wenn sie auch quantitativ wohl sicher hinter dem Auftreten bei anaerober Muskelarbeit zurücksteht. Immerhin ließe sich die ältere Hypothese über den Zusammenhang von Atmung und alkoholischer Gärung ohne weiteres wieder aufnehmen, wenn die Milchsäure auch ein Zwischenprodukt der Gärung wäre, wie dies von *Buchner* vermutet ist⁽¹¹⁾. Das hat sich, wie wir weiter unten noch sehen werden, bisher nicht beweisen lassen. Aber trotzdem können wir, was in den folgenden Kapiteln darzustellen sein wird, doch auch jetzt schon so viel sagen, daß in der alten Atmungstheorie ein richtiger Kern enthalten ist, und daß sich neuerdings Anzeichen dafür gefunden haben, daß die ersten Phasen der Atmung und Gärung nahe verwandt, vielleicht sogar teilweise identisch sind.

II.

Die Abtrennung der Gärung vom Leben der Zelle.

Wir müssen nun auf die beiden Vorgänge der Gärung und Sauerstoffatmung noch etwas näher eingehen; zunächst den ersten. Bis zu der im Jahre 1898 erfolgten Entdeckung des Gärungsferments, der „Zymase“, durch *Eduard Buchner*⁽¹²⁾ war die prinzipielle Natur dieses Zuckerzerfalls durch das ganze neunzehnte Jahrhundert heftig umstritten. Nachdem *Gay Lussac* die oben angeführte Gärungsgleichung aufgestellt hatte, die als Bruttoformel noch heute gültig ist, suchte man nach der Ursache dieser eigentümlichen Molekülsplaltung. Der französische Forscher selbst sah sie in einer direkten chemischen Einwirkung des Luftsauerstoffs auf den Zucker. Erst *Schwann* erwies sie als vitalen Vorgang, als Stoffwechsel der Hefezelle, gegen den heftigen Widerspruch *Liebig's*, der besonders an dem seltsamen Umstand Anstoß nahm, daß die Hefe in 18 Stunden das 70-fache ihres Gewichts an Zucker umzusetzen vermag. In diesem Stadium wurde die Forschung durch die Ansicht von *Berzelius*, die Gärung wäre eine Katalyse, wie die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds durch Platinmoor, die Hefe eine bloße Kontaksubstanz,

nicht sehr gefördert. Vielmehr verhalf *Pasteur* der vitalistischen Gärungstheorie zum Siege und beseitigte gleichzeitig den Einwand *Liebig's*, indem er die Zuckervergärung nicht als Assimilationsprozeß, als *Baustoffwechsel*⁽¹⁾ der Zelle auffaßte, sondern als *Betriebsstoffwechsel*, als energetischen Ersatz der Oxydation. Da nun bei Verbrennung von einem Molekül Hexose 677 Kalorien gebildet werden, bei Vergärung aber nur 24 Kalorien; wird es verständlich, daß die Hefe hierbei aus energetischen Gründen so abundante Zuckermengen verbraucht, während sie nur 1 % davon assimiliert.

Indes war die bloße Feststellung, daß die Gärung der anaerobe Atmungsvorgang der Hefezelle ist, doch bei weitem keine Lösung des Problems, und ein untrüglicher Forscherinstinkt ermutigte nach allen fehlgeschlagenen Versuchen immer von neuem dazu, den gärerregenden Körper aus der Hefe zu isolieren, die Gärung statt in vivo in vitro ablaufen zu lassen. Erst *Buchner* gelang es, nach Zerreiben der Hefe mit Kieselgur und Sand mittels der hydraulischen Presse einen zellfreien gärwirksamen Saft zu gewinnen und damit zum erstenmal die *enzymatische Natur*⁽²⁾ eines (anaeroben) Atmungsvorgangs sicherzustellen. *Buchner* und seine Mitarbeiter entdeckten alsbald noch ein anderes Verfahren, um die Gärung vom Leben der Zelle abzutrennen: Durch Eintragen der Hefe in Aceton, Nachwaschen mit Äther und Trocknen im Vakuum gewannen sie ein steriles, haltbares Pulver, das Zuckerlösung in kräftige Gärung versetzt. Nur ein Umstand ließ auch die Buchnersche Entdeckung der fermentativen Natur der Alkoholgärung noch nicht in ganz ungetrübtem Licht erstrahlen: die Gärungsgeschwindigkeit sinkt im Preßsaft bzw. im Acetonpulver stets auf einige Prozente der vitalen Größe. Trotzdem ist es eine mißverständliche Auffassung, daß auch in der lebenden Zelle nur ein Bruchteil der Gärung an die Zymase gebunden, der übrige aber mit dem lebenden Protoplasma unzertrennlich verknüpft sei. Nein, auch in der Zelle ist die Gärung reine Fermenttätigkeit, nur läßt sich zeigen, daß das Ferment in der intakten Zelle zum größten Teil nicht in wässriger Lösung, sondern in enger Verbindung mit den Strukturelementen (Adsorption?) existiert und wirkt, und weiterhin wird sich im folgenden ergeben, daß die einzelnen Bestandteile des Gärungsferments gegenüber ihrer Herauslösung aus der Zelle verschieden empfindlich sind.

¹⁾ Die Unterscheidung von „Baustoffwechsel“ und „Betriebsstoffwechsel“ stammt von *Pfeffer*. Stellen wir uns den Organismus als eine Maschine vor, so können wir seinen chemischen Stoffverbrauch danach einteilen, wie weit er dem Aufbau und Umbau der Maschinensubstanz, inkl. Ersatz der „Abnutzungsquote“ dient und wie weit er, entsprechend dem Feuerungsmaterial, nur zum Betrieb dient. Allerdings läßt sich die Scheidung nicht so streng wie bei einer technischen Maschine durchführen.

²⁾ „Enzym“ und „Ferment“ sind Synonyma.

III.

*Die Abtrennung der Atmung vom Leben
der Zelle.*

Die Buchnersche Entdeckung wirkte ungemein anregend auf die Physiologie des Zellstoffwechsels, vor allem nach zwei Richtungen: einmal war durch die Abtrennung der Gärung vom Wachstum und der sonstigen Lebenstätigkeit der Hefe und ihre Herausschälung aus dem unzugänglichen Zellinnern die Möglichkeit eröffnet, den chemischen Gärverlauf weiter aufzuhellen und seine Abhängigkeit von Milieueinflüssen zu untersuchen, die nicht in die intakte Zelle hineindringen, auf der andern Seite eröffnete sich eine große Perspektive, auch die aerobe Zellatmung nach den gleichen Methoden zu erforschen.

Beginnen wir mit dem zweiten. Es waren zwar schon früher gewisse Oxydationsfermente in tierischen und pflanzlichen Geweben bekannt, etwa die Tyrosinoxidase, die Tyrosin in ein schwarzes Pigment verwandelt, oder die „Urikase“, die Harnsäure zu Allantoin und Kohlensäure oxydiert. Aber in all diesen Fällen handelt es sich um keineswegs allgemein verbreitete, vielmehr auf wenige Zellarten beschränkte Vorgänge, die bestenfalls geringfügige Teilprozesse der oxydativen Atmung vorstellen. Wenn wir die typische Atmung charakterisieren durch kontinuierlichen und konstanten Verbrauch von Sauerstoff aus der Luft, Produktion einer annähernd äquivalenten Kohlensäuremenge, Bildung der entsprechenden Verbrennungswärme, endlich typische Beeinflussbarkeit durch Narkotika und Atmungsgifte, so ließ sich für diesen Prozeß zunächst nicht die enzymatische Natur sicherstellen. Nur für einen speziellen oxydativen Gärungsvorgang, die Essiggärung des Bakt. aceti, wiesen schon *Buchner* und *Meisenheimer* mit dem Acetonverfahren die Abtrennung vom Leben nach⁽¹³⁾. Doch lagen die Mißerfolge bei der eigentlichen Zellatmung teils an den Objekten, teils an der Methode. Unter Anwendung des Buchnerschen Acetonverfahrens konnten *Warburg* und ich vor einigen Jahren sowohl aus Staphylokokken, wie aus unbefruchteten Seeigeleiern Dauerpräparate gewinnen, die, aufgeschwemmt in wässriger Lösung, Sauerstoff verbrauchten und Kohlensäure bildeten⁽¹⁴⁾. Die Seeigeleier fuhren auch fort, Sauerstoff zu verbrauchen, wenn die Zellen durch Zerreiben mit Sand oder kräftiges Zerschütteln völlig zerstört wurden. Indes ist, wie *Warburg* dann zeigte, hiermit noch keine völlige Trennung der Atmung von der Struktur erzielt, da die Atmung zu einem wesentlichen Teil gebunden bleibt an feine, offenbar schon in der lebenden Zelle präformierte Körnchen, jedoch nicht ganz und gar: sowohl hier als quantitativ exakter an Leberzellen von Säugetieren konnte dieser Forscher feststellen, daß auch körnchenfreie Zellflüssigkeit, die man z. B. durch Filtrieren der Körnchensuspension durch Porzellankerzen gewinnen kann, noch eine

meßbare Atmung aufweist, bei der Leber bis zu 10 % der vitalen Größe⁽¹⁵⁾.

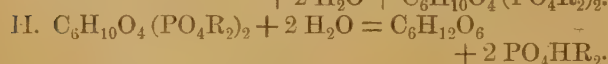
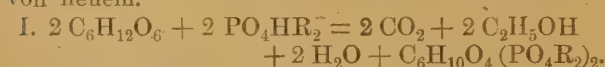
Daß sich Gärung und Atmung in gleicher Weise im Innern der Zellen in einem Konnex der Stoffwechselenzyme mit den Zellstrukturen abspielen, dafür konnte *Warburg* verschiedene Beweise erbringen, von denen der wesentlichste hier angeführt sei. Die Beeinflussung der Gärungs- und Atmungsgeschwindigkeit durch narkotische Substanzen folgt der sogenannten Regel der homologen Reihe, die von *Overton* für die Hirnnarkose gefunden ist⁽¹⁶⁾. Danach steigt die narkotische Wirksamkeit chemisch indifferenten Narkotika unabhängig von der chemischen Struktur der Stoffe mit dem Aufstieg in einer homologen Reihe⁽¹⁾. Die Ursache dieses Gesetzes müssen wir jetzt abweichend von *Overton* selbst, der sie in der Löslichkeit der Zellipoide für die Narkotika suchte, mit *J. Traube* in der in den homologen Reihen wachsenden „Oberflächenaktivität“ sehen, das heißt in der Fähigkeit der Substanzen, sich an Oberflächen sichtbaren und submikroskopischen (= kolloiden), infolge von Adsorption anzureichern^(17, 18, 19). Nun besteht außer der allgemeinen Gültigkeit dieses Gesetzes auch eine quantitative Übereinstimmung in der Wirkungsstärke der einzelnen Substanzen bei Atmungs- und Gärungshemmung durch sie. Aber noch mehr. In beiden Fällen gilt die Regel sowohl für die lebenden, die getöteten Zellen wie die Zellextrakte; dabei zeigt sich jedoch ein charakteristischer Unterschied, je nachdem es sich um lebende Zellen und Körnchensuspensionen einerseits, um strukturlöse Säfte andererseits handelt. In letzterem Falle sind die hemmenden Narkotikakonzentrationen bedeutend höher. Wir können daher mit *Warburg* zwischen den „Strukturwirkungsstärken“ und den „Saftwirkungsstärken“ der Substanzen unterscheiden und als Erklärung für die größere Wirksamkeit in der Zelle ihre Anreicherung an den festen Strukturelementen wie Kern, Granula, Zellmembran, annehmen. Dann müssen aber auch die Strukturen gleichzeitig der Sitz der Stoffwechselenzyme sein. — Das hier Gesagte läßt eine weitgehende Verwandtschaft der alkoholischen Gärung und der Sauerstoffatmung in physikochemischer Hinsicht erkennen. Die neuerdings gefundenen chemischen Beziehungen zwischen beiden können wir erst erörtern, nachdem wir kurz auf die Fortschritte der Gärungschemie eingegangen sind, die an die Buchnersche Zymaseentdeckung anknüpfen.

¹⁾ Bestimmt man z. B. die molekulare Konzentration verschiedener Substanzen, die eben ausreicht, um eine völlige Narkose von Kaulquappen hervorzurufen, die sog. „narkotische Grenzkonzentration“, so findet man für die Alkohole (g. Molekül pro 1 l): 0,55 Methylalkohol; 0,3 Äthylalkohol; 0,11 norm. Propylalkohol; 0,04 norm. Butylalkohol; 0,023 (Gärungs-)Amylalkohol; 0,0004 Caprylalkohol; oder für die Ketone: 0,26 Aceton; 0,09 Methyläthylketon; 0,029 Diäthylketon; 0,019 Methylpropylketon usw.

IV.

Der Chemismus der Zuckergärung und die ihn bewirkenden Teilfermente.

Unsere Kenntnisse von dem Zerfallsprozeß des Zuckers über die Bruttoformel von Gay Lussac hinaus sind in den letzten Jahren vor allem durch die englischen Forscher *Harden* und *Young*⁽²⁰⁾ und ferner *C. Neuberg* erweitert worden. *Harden* und *Young* erwiesen zunächst die chemische Beteiligung des Phosphats an der Zuckergärung, und zwar in stöchiometrischem Verhältnis zum vergorenen Zucker: während sich jeweils ein Molekül Hexose mit zwei Molekülen Phosphorsäure zu einem Hexosediphosphorsäureester kondensiert, zerfällt gleichzeitig ein zweites Zuckermolekül in Alkohol und Kohlensäure. In einer zweiten Etappe wird die gebildete Hexosephosphorsäure wieder gespalten, anorganisches Phosphat wird wieder frei, und das Spiel beginnt von neuem.



Für jede dieser Etappen treten besondere Fermente in Tätigkeit, so daß sich die Zymase in ein Gemisch verschiedener Teilfermente aufspaltet. So wird die Reaktion II durch ein Ferment, „die Hexosephosphatase“ verursacht, das ganz andern Einwirkungen unterliegt als der Fermentkomplex der Gleichung I. Ja, es läßt sich zeigen, daß der starke Abfall der Gärgeschwindigkeit im Hefesaft gegenüber der lebenden Hefe nur durch einen relativen Mangel an Hexosephosphatase hervorgerufen ist, was mit der schlechten Extrahierbarkeit dieses Ferments in Zusammenhang steht^(21, 22). Man kann daher die Gärgeschwindigkeit im Saft vorübergehend bedeutend erhöhen, wenn man Phosphat im Überschuß hinzugibt, oder anhaltender, wenn man die hydrolytische Tätigkeit der Hexosephosphatase erhöht, was durch Zugabe von Natriumarseniat geschehen kann. Man erzielt so für längere Zeit im Hefesaft eine Gärgeschwindigkeit von etwa 50 % der vitalen Größe. Beim Studium der Kinetik der zellfreien Gärung im Anschluß an *Harden* und *Young* fand ich noch einen merkwürdigen Einfluß des Hexosephosphats auf die Geschwindigkeit. Bedient man sich statt des Buchnerschen Preßsafts eines Extrakts aus Trockenhefe, der nach der Vorschrift des russischen Forschers *Lebedew* hergestellt wird⁽²³⁾ und für chemische und kinetische Studien des enzymatischen Gärverlaufs sehr geeignet ist, so wird unter bestimmten Umständen die Angärung des Gemisches stark verzögert. Diese Verzögerung wird durch Spuren von Hexosephosphorsäure beseitigt, und der Anstieg der Gärgeschwindigkeit zu Beginn geschieht um so rascher, je höhere Konzentrationen des Esters man hinzugibt. Da sich nun die Hexosephosphorsäure während der Gärung bildet, so muß, was sich auch zeigen läßt, die Gärgeschwindigkeit anfangs in-

folge einer autokatalytischen Beschleunigung durch diese Substanz fortgesetzt steigen, bis sie durch andere Faktoren beschränkt wird.

Des weiteren haben die englischen Autoren ein Koferment der Gärung entdeckt, das neben dem Fermentgemisch „Zymase“ unentbehrlich für die Zuckerspaltung ist. Es ist den Enzymen gegenüber vor allem ausgezeichnet durch seine Kochbeständigkeit und Dialysierbarkeit, d. h. die Fähigkeit, durch Membranen wie Pergamentpapier, Fischblase, Kollodium, Gelatine zu diffundieren. Darauf beruht seine Abtrennung. Dialysiert man den Hefesaft in Pergamentschläuchen gegen Wasser, oder besser, preßt man ihn unter Druck durch Kollodium oder Gelatinemembranen hindurch — sogenannte Ultrafiltration —, so erhält man einen das Zymasegemisch enthaltenden Rückstand und ein Ultrafiltrat, die jedes für sich unwirksam sind, aber vermischten Zucker vergären. Das so im Ultrafiltrat nachgewiesene (von dem gleichzeitig anwesenden Phosphat noch abzutrennende) Koferment läßt sich noch konzentrierter durch Kochen und Filtrieren des Hefesaftes („Kochsaft“) oder durch Wasserextrakt aus Acetonhefe gewinnen. Dieses Koferment ist nur für die Reaktion der Hardenschen Gleichung I, nicht für die Spaltung der Hexosephosphorsäure erforderlich. Wie es wirkt, ist unbekannt. Jedenfalls ist, wie ich kürzlich zeigte, die Gärgeschwindigkeit während der Phase, die ausschließlich durch die Gleichung I bestimmt wird, bei gegebener Zymasemenge nicht abhängig von der Menge des Koferments, sondern von seiner Konzentration¹⁾. Das Koferment verhält sich danach so, als ob es nicht chemisch am Gärungsprozeß teilnimmt, sondern eher wie eine notwendige Milieubedingung.

Die Hardensche Gleichung I sagt nichts über die Zwischenstufen des Zuckerzerfalls, die in der gekoppelten Reaktion von dem zu Alkohol und Kohlensäure verwandelten einen Hexosemolekül durchlaufen werden. In der Tat klafft hier eine große Lücke, die durch zahlreiche Hypothesen, aber trotz eifrigster Forschung wenig gesicherte experimentelle Fakten ausgefüllt wird. Wie schon erwähnt, hat es sich nicht beweisen lassen, daß Milchsäure ein solches Zwischenprodukt ist. Über die letzten Stadien der Gärung hat nun eine wichtige Entdeckung *C. Neubergs* einiges Licht verbreitet⁽²⁴⁾. Der Forscher zeigte, daß eine Reihe von organischen Säuren, an erster Stelle Brenztraubensäure, stürmisch von Hefesäften vergoren wird unter Bildung von Acetaldehyd und Kohlensäure: $\text{CH}_3 \cdot \text{C} : \text{O} \cdot \text{COOH} = \text{CH}_3 \cdot \text{CHO} + \text{CO}_2$.

1) Ändert man in einem Gärgemisch nur die Menge der Zymase, während man alles übrige, Volumen, Zuckerkonzentration, Phosphat- und Kofermentgehalt genau gleich hält, so ist die Gärgeschwindigkeit proportional der Zymasemenge, obwohl das Verhältnis (Koferment : Zymase) dabei sich stark verschiebt; hält man dagegen die Zymasemenge und alles übrige konstant und ändert nur den Kofermentgehalt, so ändert sich die Gärgeschwindigkeit mit dem letzteren. Daraus läßt sich der obige Schluß ziehen.

Der Acetaldehyd kann des weiteren teilweise zu Äthylalkohol reduziert werden. Ist das hier wirk-same, von *Neuberg* als Karboxylase bezeichnete Ferment ein Bestandteil der Zymase und mithin Brenztraubensäure ein Zwischenprodukt der Zuckergärung? Diese Frage darf mit Wahr-scheinlichkeit bejaht werden, zumal es *Neuberg* kürzlich gelang, den Acetaldehyd, der gewöhnlich nur in Spuren bei der Gärung auftritt, durch Natriumsulfit aus dem Gärgemisch abzufangen und in diesem Fall eine Ausbeute von 74 % der theoretisch zu erwartenden zu finden. Danach dürfte jedenfalls der Aldehyd ein normales Zwischenprodukt vorstellen⁽²⁵⁾. An der Karboxylase-wirkung ist das Koferment nicht beteiligt⁽²⁶⁾; geht also der Zuckerzerfall über Brenztraubensäure, so kämen für seinen Eingriff wesentlich die früheren Phasen in Frage. Allerdings ist zu bedenken, daß Brenztraubensäure und Acetaldehyd eine zu hohe Oxydationsstufe vorstellen, um die alleinigen Durchgangsstadien des Zuckerabbaus zu sein. Es muß stets ein sauerstoffärmerer Körper auf der gleichen Abbaustufe zugegen sein, der pro Molekül Acetaldehyd ein Sauerstoffatom über-nimmt und den Aldehyd dadurch zu Alkohol redu-ziert. Im Hefeextrakt läßt sich ein Reduktions-ferment von außerordentlicher Wirksamkeit nach-weisen, das vielleicht an dieser Stelle in den Gär-verlauf eingreift. Doch bewegen wir uns hier auf ganz hypothetischem Boden.

V.

Das Koferment der Atmung und seine mutmaß-liche Identität mit dem der Gärung.

Wir fragen nun, ob die Sauerstoffatmung zu dem geschilderten Verlauf der Alkoholgärung chemische Beziehungen erkennen läßt.

Es gelingt bei der Hefezelle selbst, die Buch-nerschen Methoden, das Acetonverfahren, die Her-stellung von Preßsaft bzw. von Lebedewschem Hefeextrakt zur Konservierung eines beträcht-lichen Teils der *Sauerstoffatmung* ebensowohl wie zur Konservierung der Gärung zu benutzen⁽²⁷⁾. Zieht man nun derartige neutralisierte, stark sauerstoffzehrende Acetonhefe mit Wasser aus, so verliert sie das Oxydationsvermögen, erlangt es aber durch Zugabe des Wasserextrakts zurück. Ebenso erlischt die Sauerstoffatmung im Lebedewschem Extrakt durch Ultrafiltration und gründliches Nachwaschen des Rück-stands, wird aber durch Hinzufügung des Ultrafiltrats, noch besser von Hefekochsaft, wieder hervorgerufen. Während die gewaschene Acetonhefe und der Ultrafiltrationsrückstand hitzeempfindlich sind und ihrem ganzen Ver-halten nach das *Oxydationsferment* enthalten, verhält sich die dialysierbare und kochbeständige Substanz, die im Kochsaft, im Ultrafiltrat und Acetonhefeextrakt vorliegt, wie ein Koferment der Atmung. Sie sei als *Atmungskörper* bezeichnet. *Zahlreiche Versuche haben nun ergeben, daß dieser nicht nur in seinem physiologischen Ver-*

halten, sondern auch in seinen chemischen Eigen-schaften weitgehend mit dem Koferment der Gärung übereinstimmt; er wird z. B. wie dieses durch Alkali sowie durch mehrstündiges Kochen allmählich zerstört, durch Säuren weniger ge-schädigt, durch 50 % Alkohol noch nicht, wohl aber durch 85 % Alkohol grobenteils ausgefällt, durch Tierkohle stark adsorbiert usw. Nichts widerspricht der Annahme, daß beide Körper ganz oder zum Teil identisch sind. Nun wird durch Zusatz eines reduzierbaren Farbstoffs die Oxyda-tionsgeschwindigkeit der Hefepräparate ums Mehr-fache gesteigert, indem der Farbstoff sich als Sauerstoffüberträger betätigt. Dieser durch Me-thylenblau hervorgerufene Mehrverbrauch an Sauerstoff verhält sich im wesentlichen ebenso wie die Atmung. Er erlischt, wie auch das Re-duktionsvermögen der Hefepräparate, durch Wasserextraktion bzw. Ultrafiltration und wird im alten Umfang durch Zugabe von Kochsaft, Ultra-filtrat usw. wiedererweckt. Offenbar haben wir es in allen Fällen mit demselben als Koferment wirkenden Körper zu tun.

Die Versuche, den atmungsunwirksamen Rück-stand des Hefeextraktes ohne Zusatz des Atmungs-körpers durch definierte chemische Substanzen zu aktivieren, führten ebenfalls zum Erfolg. Ganz besonders ist hierzu die uns schon bekannte Hexo-sediphosphorsäure geeignet. Der durch sie er-regte Oxydationsvorgang verhält sich weitgehend ähnhlich dem ursprünglichen. Er wird durch Narkotika in gleichem Umfang gehemmt, durch Erhitzen des Rückstandes vernichtet, durch Me-thylenblau ums Mehrfache gesteigert. Trotzdem ist er nicht identisch mit ihm, und vor allem läßt sich zeigen, daß der Atmungskörper nicht dieser Phosphorsäureester ist. Auf die Bedeutung der Hexosephosphatoxydation kommen wir noch-mal zurück.

Der Atmungskörper ist aber nicht auf die Hefe beschränkt. Vielmehr läßt sich der Hefe-kochsaft durch Kochsäfte aus tierischen Organen vollständig ersetzen. Die besten Resultate erzielt man mit heißem Wasserextrakt aus Frosch-muskeln, der den Heferückstand stärker aktiviert als der Hefekochsaft selbst. Wenn nun der Atmungskörper mit dem Koferment der Gärung mehr oder weniger identisch ist, so muß auch dieses im „*Muskelkochsaft*“ enthalten sein. *Und das ist der Fall. Auch bei der Gärung kann heißer Organextrakt von Warmblütern oder Kalt-blütern den Hefekochsaft ersetzen, er enthält das Koferment.* Wenn auch nicht im Verhältnis von Hefe- und Organkochsäften, so doch bei diesen untereinander geht die *Wirksamkeit* für Gärungs- und Atmungserregung parallel. Bei gleicher Her-stellung der Extrakte ergibt sich beide Male die Reihenfolge Muskeln > Leber, Ovarien > Milch. Das Blutserum ist wirkungslos.

Die Gärungsaktivierung ist nur mit heißen Organauszügen möglich, die Atmungserregung auch mit kalten. Die Ursache liegt in einem

kochunbeständigen Hemmungskörper, der in den Organen enthalten, schon in kleiner Konzentration die Gärung hemmt, und zwar, wie sich zeigen läßt, durch Angriff an der Zymase. Daher ist er ohne Einfluß auf die Atmung. Merkwürdigerweise findet er sich in den Organen in proportionaler Menge zum Koferment. Er muß in den Zellen die Gärung jedenfalls verhindern! Wie dies zu deuten ist, sei dahingestellt.

VI.

Die mutmaßliche Rolle des gemeinsamen Koferments im Chemismus der Atmung und der Gärung.

Wenn wir nach der Bedeutung des Vorkommens des Gärungskoferments in den tierischen Organen fragen, wo doch, wie oben erörtert, keine alkoholische Gärung stattfindet, so kann uns nur die durch zahlreiche Versuche zwar nicht streng bewiesene, aber doch sehr nahegelegte Annahme weiterhelfen, daß das Koferment der Gärung zugleich ein Koferment der Atmung ist. Nun rufen die *Organkochsäfte* auch die Atmung durch Wassereextraktion atmungsunwirksam gemachter tierischer Gewebe wieder hervor. Es ist schon vor Jahren von den Schweizer Autoren Batelli und Stern angegeben, daß die Atmung tierischer Organe durch Ausziehen mit Wasser abgeschwächt, durch Zusatz von Wasserauszügen, speziell aus Muskulatur, wieder verstärkt werden könnte. Den atmungswirksamen Stoff ihrer Extrakte nannten sie Pneïn⁽²⁸⁾. Diese Feststellungen errangen keine allgemeine Anerkennung; auch ich fand eine Reihe von Widersprüchen zwischen dem von den Schweizer Forschern geschilderten Verhalten des Pneïns und dem hier behandelten Atmungskörper, worauf indes an dieser Stelle nicht einzugehen ist.

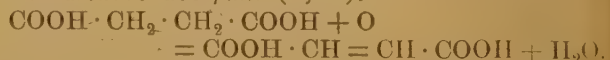
Der leicht nachzuweisende Tatbestand ist dieser: Schneidet man Froschmuskulatur mit der Schere in feine Stücke und zieht sie dann wiederholt mit viel destilliertem Wasser aus, so ist die Atmung auf Null gesunken. Nach Zusatz von Muskelkochsaft kann man bis 50 % der Atmung wieder erhalten. Dabei ist zu bemerken, daß die Atmung der Muskeln durch Zerschneiden auf über das Zehnfache steigt, so daß die reaktivierte Atmung bis zum Fünffachen der vitalen Oxydationsgröße beträgt. Im allgemeinen verhält sich die wiedererregte Atmung nicht anders als die ursprüngliche, nur wird etwas weniger Kohlensäure im Verhältnis zum Sauerstoff gebildet (volumetrisches Verhältnis der Kohlensäure zum Sauerstoff 0,8 statt 1).

Die Beseitigung der Gewebeatmung durch Wassereextraktion und ihre Reaktivierung durch Organextrakte ist zwar am leichtesten an der Muskulatur nachzuweisen, aber nicht auf diese beschränkt. So kann man auch die Körnchensuspension der Leberzellen durch Zentrifugieren in Salzlösung inaktivieren und durch Zusatz von Muskel- oder Leberkochsaft zu einem gewissen Grade zur Atmung wiedererregen. Indirekt geht die Ubiquität dieses Mechanismus auch daraus

hervor, daß verschiedene Organkochsäfte ebenso wie der Alkoholgärung sich auch der Muskelatmung gegenüber als wirksam erweisen.

Wenn wir danach annehmen müssen, daß wir es hier mit einem allgemeinen Koferment der Atmung zu tun haben, das ganz oder teilweise gleichzeitig auch Koferment der Gärung ist, werden wir als wahrscheinlichste Folgerung zu ziehen haben, daß diejenigen Phasen der Atmung und Gärung, bei denen es sich betätigt, nahe verwandt, vielleicht sogar identisch sind. Können wir über diese Phasen etwas aussagen? Oben wurde bereits erwähnt, daß Hexosephosphorsäure die Oxydation in gewaschenem Hefesafttrückstand wiedererregt, während reine Hexosen für sich unwirksam sind. Ähnlich, aber schwächer, wirken auch andere organische Phosphorsäuren, wie Glycerinphosphorsäure. Nun hat Embden mit seinen Mitarbeitern eben diese Hexosediphosphorsäure, die ja in der Gärungsreaktion beteiligt ist, in der Muskulatur nachgewiesen und es wahrscheinlich gemacht, daß sie die Vorstufe der bei der Kontraktion des Muskels auftretenden Milchsäure ist⁽²⁹⁾. Da der Ester zweifellos im Muskel aus der Glukose entsteht, spielt sich hier ein ganz analoger Vorgang ab, wie in der ersten Gärungsphase. Auch der extrahierte Muskel zeigt mit Hexosephosphorsäure ein allerdings ziemlich schwaches Oxydationsvermögen, während er Hexosen gegenüber unwirksam ist. Sehr erheblich ist aber die Oxydationsregung im Muskel durch Glycerinphosphorsäure. Sicherlich wird dabei das Glycerin selbst oxydiert, gleichzeitig wird eine dem Sauerstoffverbrauch ungefähr äquimolekulare Menge Phosphorsäure abgespalten und Kohlensäure, gleich einem Drittel des Sauerstoffs gebildet. Nun gelingt es weder mit Glycerin in Gegenwart von Phosphat, noch mit der dem Phosphorsäureester analog gebauten Glycerinessigsäure, eine Oxydation zu erhalten, eine recht geringfügige mit Glycerinsäure. Die Glycerinphosphorsäure stellt als Bestandteil des Lecithins einen normalen Baustein der tierischen Gewebe vor. Wir dürfen hiernach immerhin die Annahme aussprechen, daß die Veresterung mit Phosphorsäure für eine Reihe organischer Moleküle Bedingung der Oxydation ist, und da dieser selbe Vorgang sich auch in der Anfangsphase der Gärung abspielt, so ist die Vermutung naheliegend, daß an dieser Stelle der Eingriff des gemeinsamen Koferments erfolgt.

Doch gibt es sicher auch Verbindungen, die ohne Veresterung mit Phosphorsäure oxydiert werden können. So wird z. B., wie Thunberg und genauer Einbeck nachwiesen, die Bernsteinsäure von völlig ausgewaschener Muskulatur in Fumarsäure überführt^(30, 31).



Von einigen anderen mehrbasischen Säuren, deren atmungssteigernde Wirkung auch zuerst von Thunberg erkannt wurde, Fumarsäure, Zitronensäure, Äpfelsäure⁽³²⁾, konnte ich auch zeigen, daß

sie, wenn auch mit erheblich geringerer Geschwindigkeit, von völlig extrahierter Muskulatur noch oxydiert, und zwar vollständig zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden. Hier wirkt aber die Anwesenheit von Phosphat außerordentlich günstig, ebenso übrigens wie bei der unbeeinflussten Gewebsatmung. Möglicherweise kommt es hier also auch zu einer Mitwirkung der Phosphorsäure, nur bedarf es dazu nicht der Anwesenheit des Koferments.

Wir haben es aber bei dieser ganzen Überlegung immerhin mit einer reinen Hypothese zu tun. Vor allem ist es keineswegs sicher, daß das Gärungskoferment selbst ein einheitlicher Körper ist und nur eine Funktion in dem komplizierten Wechselspiel des Zuckerzerfalls besitzt. Ein möglicher Angriffspunkt besteht vor allem noch in der Reduktion des Acetaldehyds, wenn wir berücksichtigen, daß auch die Reduktionsfähigkeit gegenüber Methylenblau in gleicher Weise an das Koferment gebunden scheint, wie die Gärung und der Oxydationsprozeß. Die Reduktion des Aldehyds muß mit der Oxydation eines anderen Körpers verbunden sein; man könnte sich denken, daß dann dieselbe Oxydation auch im Atmungsprozeß vorkommt.

Im vorstehenden ist der Vorgang der Zellatmung von dem Gesichtspunkt aus betrachtet, welche Verwandtschaft er nach dem Stand unseres heutigen Wissens mit der alkoholischen Gärung erkennen läßt. Es sei zum Schluß hervorgehoben, daß wir damit nur eine Seite des Atmungsproblems berührt haben. Eine mindestens ebenso wichtige ist die Natur der Atmungsfermente selbst, insbesondere desjenigen, das den Eingriff des Luftsauerstoffs in das Nährstoffmolekül vermittelt bzw. dieses träge reagierende „dysoxydable“ Molekül so umformt, daß es dem oxydativen Zusammenbruch unterliegen kann. Für einen besonderen Fall, der wahrscheinlich sehr verallgemeinert werden darf, nämlich das unbefruchtete Seeigellei, zeigte Warburg, daß Eisen, und zwar in ionisierter Form, als Ferrosalz, diese Rolle als einleitendes Oxydationsferment spielt, daß die Sauerstoffatmung also primär eine Eisenkatalyse ist⁽³³⁾. Diese außerordentlich wichtige Entdeckung gehört nicht mehr in den Zusammenhang der vorliegenden Betrachtung. Sie ist nur angeführt, um zu zeigen, ein wie komplexes Problem das Wesen der Atmung ist, dessen bruchstückhafte Lösungen bei weitem noch nicht ausreichen, um ein deutliches und geschlossenes Bild dieses fundamentalen Lebensvorgangs zu entwerfen.

Literatur.

¹⁾ Pasteur, Comptes rend. 1875, 80, S. 452. Etudes sur la bière. Paris 1876.

²⁾ Harden und Maclean, Journ. of physiology 1911, 12, S. 64.

³⁾ Stoklasa, Pflügers Archiv für Physiologie 1904, 101, S. 301.

⁴⁾ Fletcher und Brown, Journ. of physiology 1914, 48, S. 201.

⁵⁾ O. Meyerhof, Pflügers Archiv 1919, 174, im Druck.

⁶⁾ O. Meyerhof, Pflügers Archiv 1912, 146, S. 159.

⁷⁾ O. Meyerhof, Zur Energetik der Zellvorgänge. Göttingen 1913 (Vandenhoek und Ruprecht).

⁸⁾ Fletcher und Hopkins, Journ. of physiology 1906/07, 35, S. 247.

⁹⁾ Parnas, Centralblatt für Physiologie 1915, 30, S. 1.

¹⁰⁾ O. Meyerhof, Pflügers Archiv 1919, 174, im Druck.

¹¹⁾ Buchner und Meisenheimer, Chem. Ber. 1904, 37, S. 417, 1905, 38, 620, 1906, 39, S. 3201.

¹²⁾ Buchner, Chem. Ber. 1897, 30, 117. Zymasegärung. (Mit Hans Buchner und M. Hahn.) München 1903.

¹³⁾ Buchner und Meisenheimer, Chem. Ber. 1910, 43, S. 1773.

¹⁴⁾ O. Warburg und O. Meyerhof, Pflügers Archiv 1912, 148, S. 295.

¹⁵⁾ O. Warburg, Pflügers Archiv 1914, 158, S. 189, 1913, 154, S. 599, 1914, 158, S. 19.

¹⁶⁾ Overton, Studien über Narkose, Jena 1901.

¹⁷⁾ J. Traube, Pflügers Archiv 1908, 123, S. 419.

¹⁸⁾ O. Warburg, Asher-Spiros Ergebnisse der Physiologie XIV, 1914, S. 268 (Zusammenfassende Darstellung).

¹⁹⁾ O. Meyerhof, Pflügers Archiv, 1914, 157, S. 251, 307. Biochemische Zeitschrift 1918, 86, S. 325.

²⁰⁾ Harden, Alcoholic fermentation, London 1911. (2. Aufl. 1914) (Zusammenfassende Darstellung).

²¹⁾ Harden a. a. O. Kap. VIII.

²²⁾ O. Meyerhof, Zeitschr. für physiolog. Chemie 1918, 102, S. 185.

²³⁾ Lebedew, Zeitschr. für physiolog. Chemie 1911, 73, S. 447.

²⁴⁾ C. Neuberg und Karczag, Biochem. Zeitschr. 1911, 36, S. 68.

²⁵⁾ C. Neuberg, Biochem. Zeitschr. 1918, 89, S. 365.

²⁶⁾ C. Neuberg und Rosenthal, Biochem. Zeitschr. 1913, 51, S. 141.

²⁷⁾ O. Meyerhof, Pflügers Archiv 1918, 170, S. 367, 428, 1919, 174, im Druck. Zeitschr. für physiolog. Chemie 1918, 101, S. 165, 1918, 102, S. 1.

²⁸⁾ Batelli und Stern, Abderhaldens Handbuch der biochem. Arbeitsmethoden III, S. 468 (Zusammenfassung).

²⁹⁾ Embden und Laquer, Zeitschr. für physiolog. Chemie 1914/15, 93, S. 94, 1916/17, 98, S. 181.

³⁰⁾ Thunberg, Skandinavisches Archiv für Physiologie 1909, 22, S. 434, 1917, 35, S. 164.

³¹⁾ Einbeck, Zeitschr. für physiolog. Chemie 1913, 87, S. 145, 1914, 90, S. 301.

³²⁾ Thunberg, Skandinavisches Archiv für Physiologie 1909, 22, S. 434, 1910, 24, S. 60.

³³⁾ O. Warburg, Zeitschr. für physiolog. Chemie 1914, 92, S. 232.

Geräte zur Darstellung des Sehens durch gute und durch schlechte Brillengläser.

Von Dr. H. Erggelet, Jena.

Einer Besprechung dieser Arbeit Henkers¹⁾ für einen weiteren Leserkreis müssen einige einführende Bemerkungen über den Sehvorgang und über die Unterstützung fehlsichtiger²⁾ Augen vorausgeschickt werden.

¹⁾ Zft. f. ophth. Opt. 1918, 6, 106—119. Mit 9 Abb. (2. IX.)

²⁾ Die Verdeutschungen sind zumeist die in den beiden Schriften von M. von Rohr „Die optischen Instrumente“, Teubnersche Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt Nr. 88. 3. Aufl. Leipzig u. Berlin B. G. Teubner. 1917. VI, 197 S. 8° m. 89 Textabb., und „Das Auge und die Brille“, Teubnersche Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt. Nr. 372. 2. Aufl. Leipzig u. Berlin. B. G. Teubner. 1918. 105 S. 8° m. 84 Textabb. u. 1 Lichtdrucktaf. durchgeführten.

Bei der Erläuterung des Auges vermißt man selten den Vergleich mit der photographischen Kammer. Dieses Vorgehen ist berechtigt insofern, als beidemal eine optische Flächenverbindung (System) ein Bild auf einem empfindlichen Schirm entwirft. Ein grundlegender Unterschied wird aber meist nicht genügend betont. Während die photographische Platte in ganzer Ausdehnung gleiche Beschaffenheit zeigt und in einem ausgedehnten Gesichtsfeld ein überall fast gleich gutes Bild aufnimmt, ist die empfindliche Schicht des Auges, die Netzhaut, von sehr ungleichem Bau und vermittelt nur in einem ganz kleinen Bezirk in der Mitte, nämlich im sogenannten gelben Fleck deutliche Bilder. Nach außen zu nimmt die Unterscheidungsfähigkeit sehr rasch ab, und es werden nur verschwommene, nur für die grobe Übersicht brauchbare Eindrücke aufgenommen (indirektes Sehen).

Als eine Folge dieser Eigenart der Netzhaut kann man die Beweglichkeit des Augapfels auffassen. Wenn wir nämlich einen ausgedehnten Gegenstand genau kennen lernen wollen, so muß das Auge einen Punkt nach dem anderen auf der Stelle des deutlichsten Sehens abbilden. Das geschieht, indem es vermöge seiner Beweglichkeit seine Achse nacheinander auf diese Punkte richtet, das Ding also gewissermaßen abtastet. Wir sagen: das Auge blickt (direktes Sehen). Diese Beweglichkeit gibt den Grund ab zu ganz eigenartigen optischen Verhältnissen, wenn ein Auge zur Berichtigung seiner Fehlsichtigkeit mit einem Brillenglas in Verbindung gebracht wird. Es entsteht dann eine optische Flächenverbindung (System), bestehend aus einem festen und einem beweglichen Teil.

Verfolgt man Strahlen von einem Netzhauptpunkt des gelben Flecks rückwärts durch die optische Flächenverbindung nach außen, so finden wir in ihrem Schnittpunkt außerhalb des Auges die Entfernung in der Außenwelt, auf die das Auge eingestellt ist, bzw. einen Punkt, von dem das Auge seinerseits deutliche Bilder erhält.

Bei rechtsichtigen Augen sind die Strahlen des austretenden, durch die Pupille begrenzten, engen Büschels parallel, bei kurzsichtigen konvergent auf einen in endlicher Entfernung davor liegenden Schnittpunkt und bei übersichtigen divergent, in ihrer Verlängerung nach rückwärts auf einen in endlicher Entfernung hinter ihr gelegenen Punkt gerichtet. Setzt man vor ein fehlsichtiges Auge ein berichtigendes Brillenglas, so erscheinen auch ihm ferne Dinge deutlich, wenn das Glas die spitzen, von den fernen Dingpunkten kommenden Strahlenbündel so divergent oder konvergent macht, daß sie mit dem Büschel ganz übereinstimmen, das nach unserer Überlegung im umgekehrten Strahlengang aus dem Auge austritt. Da der Gang der Lichtstrahlen ja umkehrbar ist, so muß ein solches Büschel dann auf einem Netzhauptpunkt vereinigt werden. Läßt man die Brillenglasachse mit der Blickrichtung

zusammenfallen, so erfüllen Linsen passender Brechkraft diese Aufgabe, gleichgültig, welche Form sie besitzen (gleichseitige oder durchgebogene). Macht das Auge Blickbewegungen, so erhält das austretende Büschel nacheinander verschiedene Lagen, ohne daß sich an dem einzelnen Büschel irgend etwas ändert (s. Fig. 1). Die

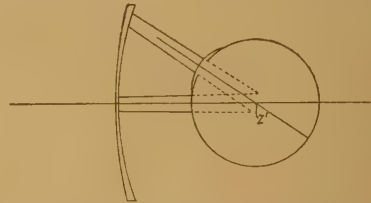


Fig. 1. Das Blicklinienbündel und die jede Blicklinie umhüllenden, dünnen, von der Pupille begrenzten Strahlenbüschel. In jeder Augenstellung wird zum direkten Sehen nur ein kleiner Bezirk des Brillenglases benützt.

Büschelachsen (Hauptstrahlen) kreuzen sich alle im Augendrehpunkt: man kann sich das Auge wegdenken und ersetzen durch eine an den Ort des Augendrehpunktes gebrachte enge Blende (s. Fig. 2). Das Hauptstrahlenbüschel würde

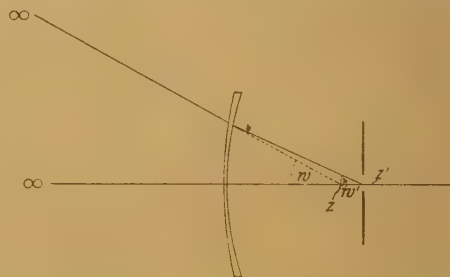


Fig. 2. Die am Ort des Augendrehpunkts angebrachte enge Blende versetzt das Blicklinienbüschel durch ihr Hauptstrahlenbüschel.

nicht verändert. Im allgemeinen sind also die engen Büschel gegen die Brillenachse geneigt und die von der Außenwelt ankommenden Strahlenbündel treten schräg durch seitliche Teile des Glases hindurch. Das enge, den einzelnen Hauptstrahl umhüllende, geneigte augenseitige Bündel erhält einen anderen Bau als das in der Achsenrichtung verlaufende. Spitze achsiale Büschel der Dingseite bleiben nämlich auch auf der Augenseite spitz; schiefe Büschel aber, die auf der Dingseite spitz waren, laufen im Augenraum als schneidenförmige weiter (astigmatische Entstellung). Sie schneiden sich nicht in einem Punkt, wie es zur Berichtigung des fehlsichtigen Auges verlangt wurde. Das betreffende Auge sieht also im allgemeinen nur in der Achsenrichtung des Glases deutlich. Wenn eine deutliche Abbildung erzielt werden soll, so muß auf die Form des Glases Rücksicht genommen werden. Die Aufgabe, die hier vorliegt, ein Ding von endlicher Ausdehnung mit Hilfe einer einzelnen Linse durch eine enge, in endlichem Abstand

(meist 25 mm) hinter ihr stehende Blende deutlich abzubilden, kann durch eine zweckmäßige Verteilung der Brechkräfte auf die beiden begrenzenden Kugelflächen der Linse innerhalb eines Bereiches von -25 bis $+7\frac{1}{2}$ dptr Brechkraft gelöst werden. Ein genaues Eingehen auf diese Dinge darf unterbleiben mit dem Hinweis auf den in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsatz von *M. von Rohr*¹⁾.

Schließlich ist noch eine andere Art der Fehlsichtigkeit, nämlich der Astigmatismus des Auges zu berühren. Ein Auge, das in zwei zueinander senkrechten Achsenschnitten verschiedene Brechkraft zeigt, läßt ein Strahlenbüschel, das etwa von einem Punkt des gelben Flecks ausgeht, nicht als spitzes Büschel austreten. Das austretende Büschel ist vielmehr astigmatisch entstellt. Das Auge bildet umgekehrt keinen Punkt der Außenwelt als Punkt ab, es sieht also undeutlich. Man kann ihm deutliches Sehen verschaffen, wenn man das von einem fernen Punkt ausgehende, also spitze Strahlenbündel so vorändert, daß es den gleichen Bau und Lage zeigt wie das astigmatisch entstellte, aus dem Auge austretende Strahlenbüschel, das wir von einem Netzhautpunkt hatten ausgehen lassen. Diese Umformung der von den einzelnen Dingpunkten stammenden Bündel leisten uns zweifach symmetrische Linsen (mit einer zylindrischen oder torischen Fläche). Die Symmetrieebenen schneiden sich in einer Geraden, die sich zunächst mit der Blicklinie deckt. In dieser Stellung ist, wie oben, die Bildgüte nur abhängig von der Brechkraft, nicht von der Form der Gläser. Berücksichtigt man aber die Beweglichkeit des Auges, so steht man vor einer außerordentlich verwickelten Aufgabe, die uns zylindrische Gläser i. a. nicht erfüllen. Einmal soll unter Einführung einer engen in endlichem Abstand hinter der Linse stehenden Blende jedes endlich geneigte enge Strahlenbüschel die gleichstarke astigmatische Entstellung erfahren wie in der Achsenrichtung, und zum andern sollen auch die Hauptschnitte dieser engen astigmatischen Büschel zusammenfallen mit den Hauptschnitten des bewegten Auges in der betreffenden Stellung. Denn nur so kann das astigmatische Auge das ankommende astigmatische Büschel auf der Netzhaut zu einem Punkt vereinigen. Daß die zwei Hauptschnittlagen im allgemeinen in dieser Weise übereinstimmen, ist von vornherein gar nicht zu erwarten. Wir wissen es nur für den Fall, daß die Blicklinie in den beiden Symmetrieebenen des berichtigen Glases bewegt wird. Außerhalb der Hauptebenen kennen wir die Hauptschnittlagen der eintretenden Büschel gar nicht; sie weichen von der der Symmetrieebenen ab. Man hat sich beschränkt auf die Untersuchungen einzelner Neigungen in den Symmetrieebenen der Gläser. Nach den dabei gewonnenen Ergebnissen sind bestimmte Gläser-

formen ausgeführt worden, die von einer sphärischen und einer torischen Fläche begrenzt sind, und man hat damit sehr gute Erfolge gehabt. Die photographische Prüfung hat gezeigt, daß auch in den zwischen den Symmetrieebenen gelegenen Achsenebenen der Astigmatismus nahezu von vorgeschriebener Größe sein dürfte. Denn die erhaltenen Lichtbilder waren auch in diesen Blickrichtungen durchaus gut.

Damit sind wir auf das Gebiet der Prüfung der Glasleistungen gekommen. Die Fabrikation von Brillengläsern auf Grund theoretischer Erwägungen und Berechnungen läßt es wünschenswert erscheinen, die Besonderheit der Wirkung auf einfache Weise Nicht-Fachleuten zu zeigen und vorliegende Gläser auf ihre Güte zu prüfen. Eine ganze Anzahl von Hilfsmitteln für diesen Zweck hat *Henker* geschaffen. Ein Teil davon will hauptsächlich Laien den Unterschied zwischen guten und schlechten Brillengläsern vor Augen führen. Das ist auch für Brillenträger nötig, weil sie den Vorzug guter Gläser durch den Gebrauch selbst häufig zunächst gar nicht erkennen. Andere sind so darauf eingeübt, durch besondere Kopfhaltung und Blickrichtung an ihren primitiven Brillen einzelne brauchbare Stellen herauszusuchen, daß sie sich gestört fühlen, wenn sie diese Gewohnheit nicht mehr nötig haben. Außerdem dienen sie, wie die zweite und dritte Gruppe, hauptsächlich dem Unterricht. Die Geräte ahmen alle den Sehvorgang nach und zeigen, daß die Bildbeschaffenheit in der Achsenrichtung unverändert bleibt, wenn man ein gleichseitiges Brillenglas vertauscht gegen ein Punkthalglas gleichen Scheitelbrechwerths. Stellt man diesen Vergleich hingegen bei geneigter Blickrichtung schräg durch die Brillengläser an, so stellt sich ein um so auffälligerer Unterschied ein, je größer die gewählte Neigung zur Achse ist. Die Gläser sind meist wie auch das zugehörige Auge oder dessen Ersatz in vergrößertem Maßstab ausgeführt. Zur Auswechslung der beiden Vergleichsgläser gegeneinander genügt das einfache Herumwerfen des sie tragenden Doppelarmes. Die Lichtbilder der Geräte mit den daneben gestellten Übersichtsbildern des Strahlengangs aus dem Originalaufsatz sind hier wiederholt. Zwei von den beschriebenen Geräten dieser ersten Gruppe dienen dem subjektiven Gebrauch, so daß jeweils nur eine Person beobachten kann. Ein weiteres erlaubt in objektiver Beobachtung die Erscheinungen mehreren Zuschauern zugleich vorzuführen.

Das erste Gerät zeigt den Sehvorgang bei einem kurzsichtigen, mit einem berichtigenden Glas versehenen Auge (s. Fig. 3 u. 4). Das Auge ist durch die Kugel *B* dargestellt, die vorn ein optisches System *D* trägt. Dieses entwirft zusammen mit dem festen Brillenglas *A* von einer 5 m entfernten Sehprobetafel ein Bild in der Gegend des gefensterten hinteren Augenpols. Dieses Bild wird durch die Lupe *E* beobachtet. Dabei steht das Instrument zunächst in der Richtung der Brillenglasachse. Schlägt man an Stelle

¹⁾ Die modernen Brillengläser und ihre Stellung in der technischen Optik. Die Naturw. 1913, 1, 1032—37; 1058—64; 1079—84 mit 21 Abb.

des gleichseitigen Glases A das Punktalglas A_1 gleichen Scheitelbrechwertes vor, so wird eine Änderung in der Bildgüte nicht festgestellt. Nun schwenkt man das Auge B in einer wagerechten Ebene um die durch den Augendrehpunkt Z'

J (gestrichelte Linien der Fig. 4). Der vom Dingpunkt P ausgehende Lichtstrahl zielt auf der Dingseite nach dem (scheinbaren Augendreh-) Punkt Z . Die prismatische Ablenkung des Glases gibt ihm auf der Augenseite die Richtung zum

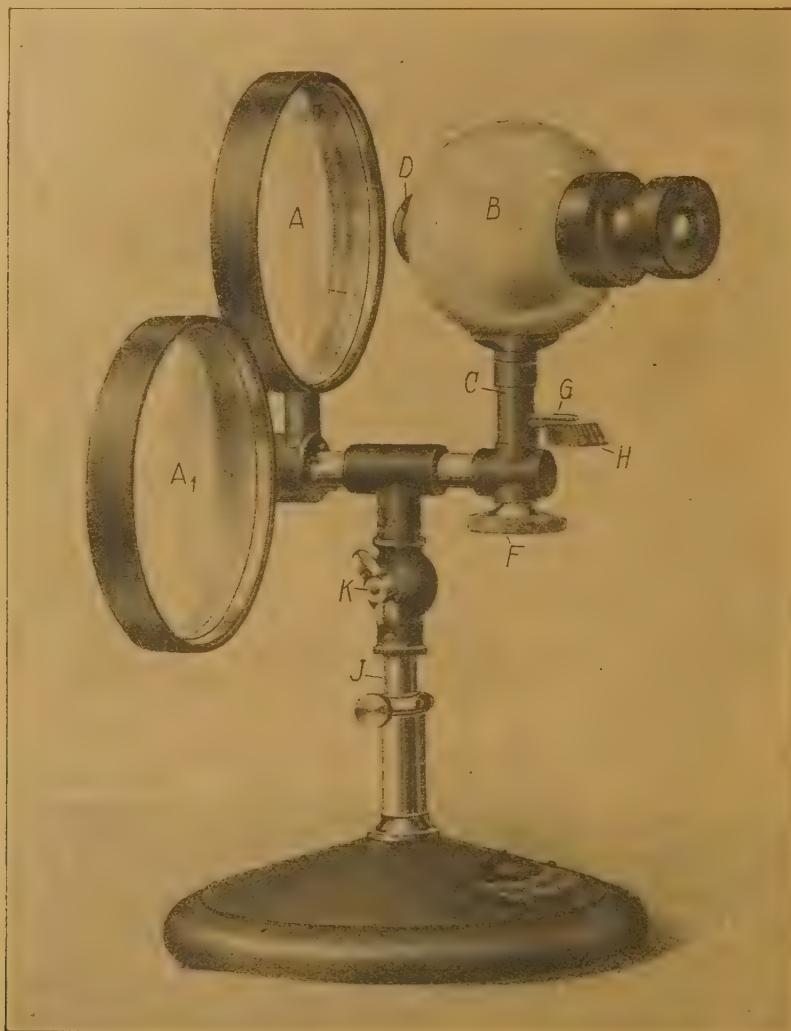


Fig. 3. Punktal-Demonstrator. Von dem Sehen durch gute und durch schlechte Brillengläser kann sich ein Beobachter überzeugen, indem er durch die Lupe das Netzhautbild des schwenkbaren Scheinauges B beobachtet

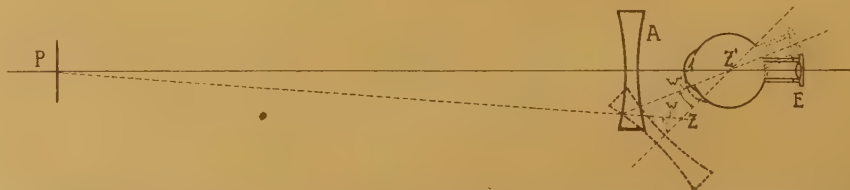


Fig. 4. Der Strahlengang im Gerät der Fig. 3 (ausgezogen beim Blick in der Achsenrichtung, gestrichelt beim schrägen Durchblicken durch Randteile des Glases). Kurzsichtiges Auge.

gehende Achse, so daß der Blick schräg durch einen Randteil des Glases gerichtet ist. Ein Umsetzen der Sehprobe nach der Seite erspart man sich durch eine entsprechende, entgegengesetzte Drehung des ganzen Gerätes um die Trägerachse

wirklichen Augendrehpunkt Z' . Das mit der Lupe E beobachtete Bild bleibt nach der Schwenkung ebenso deutlich wie vorher. Klappt man jetzt das gleichseitige Brillenglas wieder vor, so fällt eine mehr oder weniger starké Verschlechte-

zung auf, die abhängt von der Größe der Schwenkung. Den Grad der Deutlichkeitsabnahme als ein Maß der Bildverschlechterung kann man be-

Im umgekehrten Strahlengang wird durch das in Fig. 5 wiedergegebene Gerät (Punktal-Demonstrator) die subjektive Beobachtung bei der



Fig. 5. Punktal-Demonstrator mit schwenkbarem Beobachtungsfernrohr.

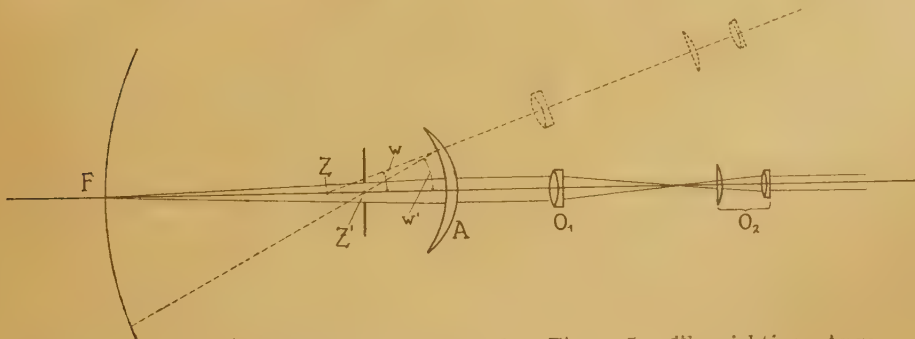


Fig. 6. Der Strahlengang im Gerät der Figur 5. Übersichtiges Auge.

stimmen durch den Vergleich der Buchstaben-
größen, die man vor und nach einer bestimmten,
an der Teilung H abzulesenden Drehung des
Auges (um $\angle w'$) noch zu entziffern vermag.

berichtigenden Brille eines Übersichtigen vermit-
telt. Das Auge ist durch die Blende B vertreten.
Das berichtigende Brillenglas A bildet ferne
Dinge im Fernpunkt F des Auges ab und umge-

kehrt etwa im Fernpunkt liegende, hier Schriftproben, ins Unendliche (s. Fig. 6). Dieses ferne schwenkbare Fernrohr. Der Vergleich gestaltet sich im übrigen wie vorhin.

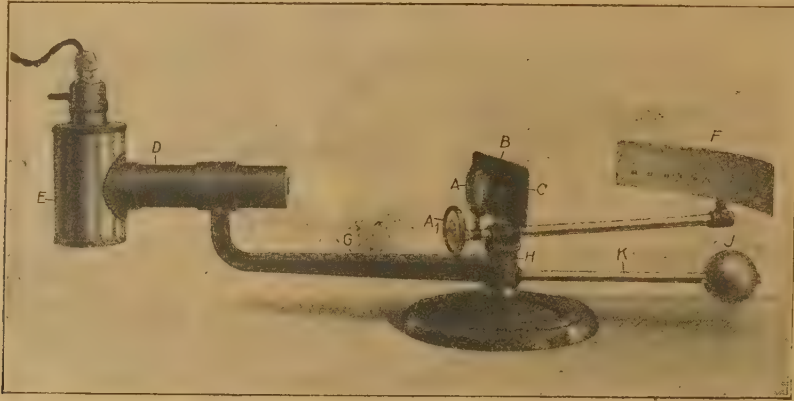


Fig. 7. Der Punktal-Demonstrator mit Bildwurf auf eine Schirmfläche. Nahglas bei einem alterssichtigen Übersichtigen.

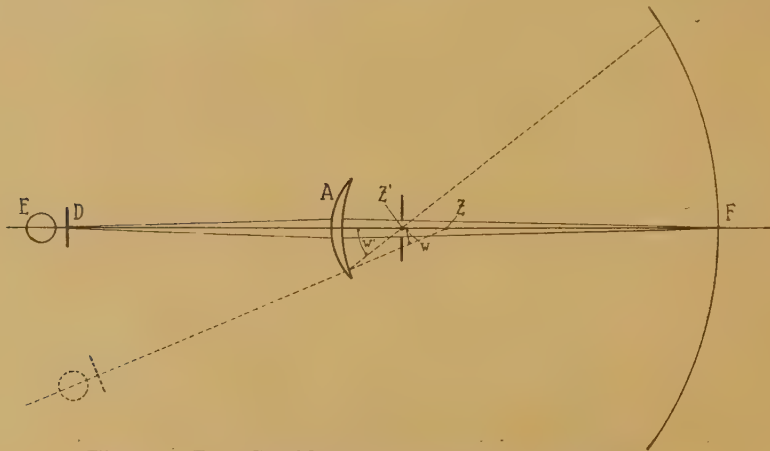


Fig. 8. Der Strahlengang im Gerät der Figur 7.

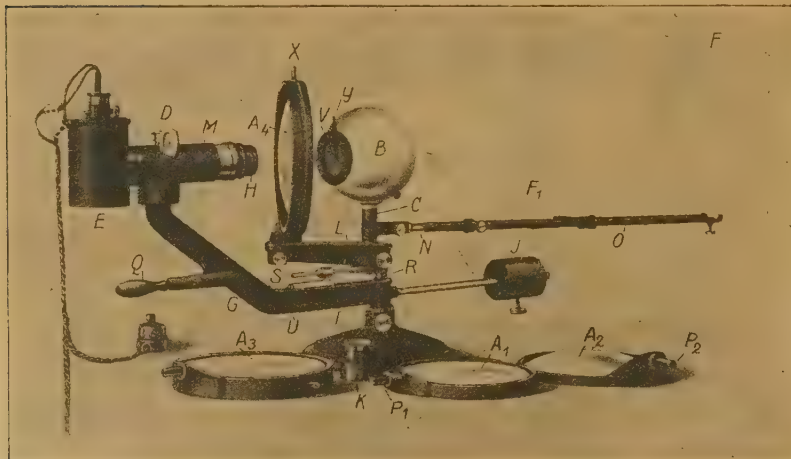


Fig. 9. Großes Vorlesungsgerät, das im Weg des Bildwurfs das Sehen durch gute und durch schlechte Brillengläser bei Längenfehlern und Astigmatismus vorführt.

Bild beobachtet man entweder unmittelbar oder durch ein um den scheinbaren Augendrehpunkt Z her, bei dem das Beobachtungsfernrohr feststeht

Ein ähnliches Gerät stellt die Firma *Busch* her, bei dem das Beobachtungsfernrohr feststeht

und das Brillenglas geschwenkt wird. Ein weiteres stammt von *G. Rodenstock*.

In Fig. 7 und 8 ist ein Gerät von *O. Henker* wiedergegeben, das für den objektiven Gebrauch bestimmt ist und sich daher für die Vorführung vor mehreren Personen eignet. Es stellt die Bedingungen eines alterssichtig gewordenen übersichtigen Auges dar. Der Augapfel wird vertreten durch eine enge Blende *B*, davor steht in einer durch die Glasberechnung vorgeschriebenen Entfernung das Brillenglas *A* (+ 7,0 dptr). Als Sehding dient ein etwa 30 cm vor dem Auge auf einem Träger befestigtes Glasbild, das von hinten hell beleuchtet wird. Die Linse entwirft von ihm ein Bild auf dem Schirm im Fernpunkt *F* des übersichtigen Auges (s. Fig. 8 ausgezogene Linie). Der Vergleich der beiden Brillengläser gestaltet sich wieder wie oben.

Aus dieser einfachen Anordnung läßt sich der Fall eines berichtigenden Glases für ein fernsichtiges Auge leicht dadurch herstellen, daß man durch ein Hilfssystem das Glasbild in die Ferne abbildet und dieses Bild als Sehding ver-

Infolge der prismatischen Ablenkung verläuft der augenseitige Strahl nicht mit der Neigung w , sondern mit der stärkeren w' (gestrichelte Linie in Fig. 10). Eine mechanische Vorrichtung *STU* nimmt bei der Gegenstandsverschiebung um den dingseitigen $\angle w$ selbsttätig den Schirmarm um den entsprechenden augenseitigen Winkelbetrag w' mit. Dieser Arm ist fest mit dem Scheinauge verbunden und schwenkbar um die durch *Z'* gehende Achse *C*.

Außer achsensymmetrischen lassen sich auch astigmatische Gläser vergleichen. Eine zylindrische und eine torische vergrößernde Linse sind beigegeben. Das Scheinauge muß durch eine in entsprechender Stellung befestigte zylindrische Linse astigmatisch gemacht werden. Die Brillengläser lassen sich im Fassungsring um die Schnittgerade ihrer Symmetrieebenen drehen, so

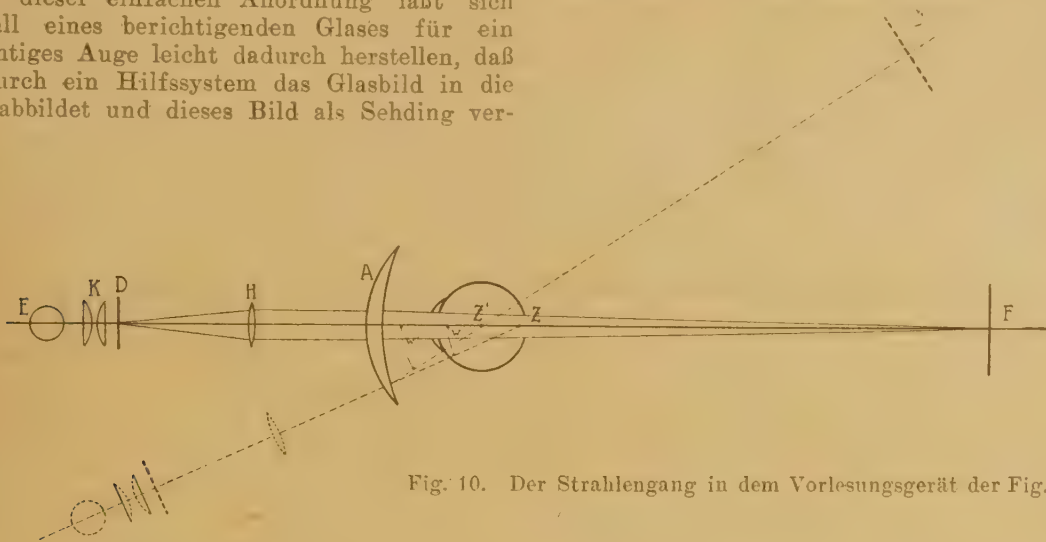


Fig. 10. Der Strahlengang in dem Vorlesungsgerät der Fig. 9.

wendet. Diesen Gedanken hat *Henker* ausgeführt, und durch die Verfolgung weitergehender Aufgaben ist ein größeres und komplizierteres Lehrgerät entstanden, das nicht mehr zu der Stufe der bisher beschriebenen, mehr für Laienkreise bestimmten Geräte gehört. Bei dem in fünffacher Vergrößerung ausgeführten Gerät (Fig. 9 und 10) ist wieder das Auge durch eine vorn und hinten gefensterte Hohlkugel *B* angedeutet. Davor steht das (gleichseitige, sammelnde) Brillenglas *A*. Ein Arm *G* trägt das Glasbild *D* samt der Beleuchtungseinrichtung *E*, *K* und der Hilfslinse *H*, die das ferne als Sehding dienende Bild erzeugt. Diesen fernen „Gegenstand“ bildet das berichtigende Brillenglas *A* auf dem im Fernpunkt *F* stehenden Schirm ab. Der Vergleich der gleichseitigen Linse mit der punktuell abbildenden gleichen Scheitelbrechwertes geschieht in der üblichen Weise zunächst in der Achsenrichtung, dann mit geneigtem Blick. Die Schwenkung des Gegenstandsträgers *G* erfolgt um eine durch den scheinbaren Augendrehpunkt *Z* gehende Achse *R*.

daß jede beliebige Achsenebene wagerecht gestellt und mit dem in dieser Wagerechten schwenkbaren Gerät geprüft werden kann. Bei Zylinderlinsen beobachtet man dabei, daß in der Ebene der stärksten Brechkraft die Bildgüte bei schiefer Blickrichtung sehr bald abnimmt, was in der dazu senkrechten Ebene schwächster Brechkraft in geringerem Maß der Fall ist. Das zweckmäßig gestaltete torische Glas gibt in jeder Achsenebene und Neigung genügend gute Bilder.

Schließlich kann man mit diesem Hilfsmittel ein einfaches astigmatisches Büschel herstellen. An Stelle des Glasbildes setzt man eine feine Lochblende und bildet sie als Sehding ins Unendliche ab. Die gleichseitige Linse *A* liefert auf dem Schirm *F* ein kleines, scharfes, rundes Bildchen des Loches. Schwenkt man den Dingarm zur Seite, so tritt die astigmatische Entstellung des Büschels auf, und man erhält auf dem Schirm kein Bild mehr. Nähert man den Schirm, so lassen sich die Querschnitte des Büschels nacheinander vorführen und dabei die wagerechte (speichenrechte) Brennnlinie (im

Schnittpunkt der *s*-Büschel) und noch näher an der Linse die senkrechte (felgenrechte) Brennpunktlinie (im Schnittpunkt der *t*-Büschel) zeigen. Mit Hilfe eines kleinen Schirmchens *F*₁, das am Bildarm hochgeklappt werden kann, ist man in der Lage, beide Brennpunktlinienlagen zugleich zu bezeichnen und mit dem großen Schirm zusammen die astigmatische Differenz einzuschließen.

Angesichts der zahlreichen im Handel befindlichen Glasformen regt sich natürlich auch der Wunsch nach einem Instrument, das gestattet, ein gerade vorliegendes Brillenglas auf seine optischen Leistungen zu prüfen. Daß es dabei nicht genügen würde, etwa mit einem Sphärometer die Flächenhalbmesser abzulesen, ist klar. Neben Krümmung, Brechungsverhältnis und Glasbeschaffenheit muß auch die Genauigkeit in

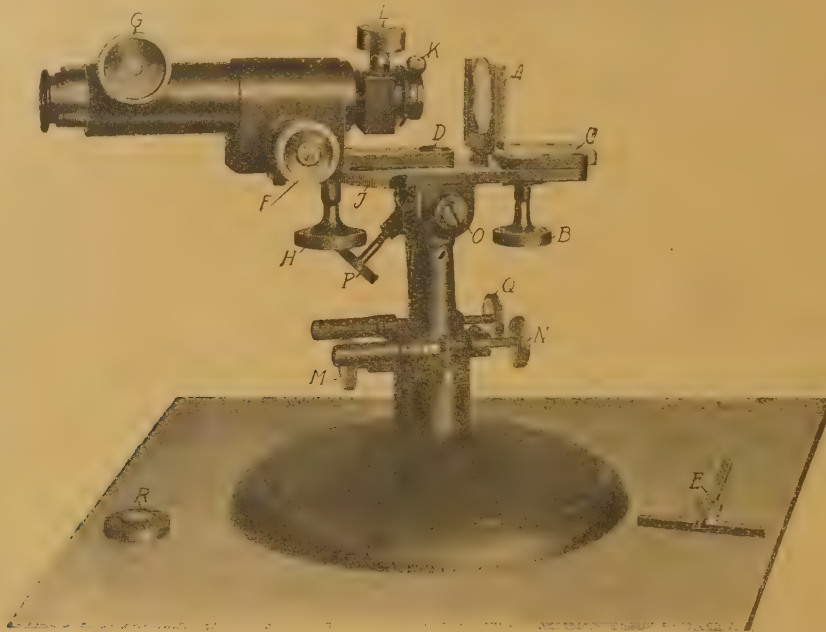


Fig. 11. Der Punktellitätsprüfer zur Untersuchung vorliegender Brillengläser nach Henker.

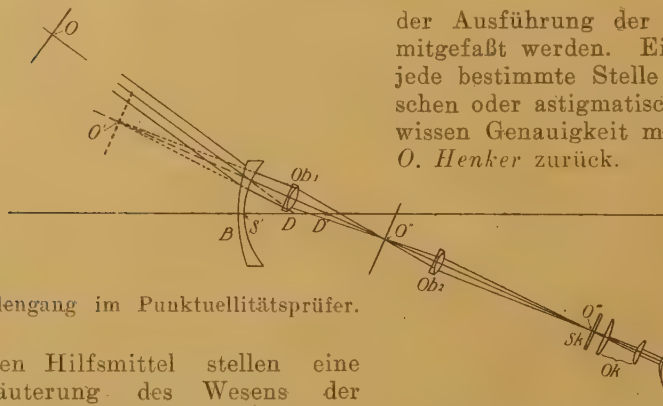


Fig. 12. Der Strahlengang im Punktellitätsprüfer.

der Ausführung der Flächen bei der Prüfung mitgefaßt werden. Ein Instrument, das erlaubt, jede bestimmte Stelle eines vorliegenden sphärischen oder astigmatischen Glases bis zu einer gewissen Genauigkeit messend zu prüfen, geht auf O. Henker zurück.

Die beschriebenen Hilfsmittel stellen eine wirkungsvolle Erläuterung des Wesens der Punktgläser dar. Sie sind geeignet, auch dem Fernstehenden die Vorzüge guter Brillenglasformen einerseits eindringlich klar zu machen, andererseits aber auch unbegründete Erwartungen, wie die Verbesserung schlechter zentraler Sehschärfe, die nicht so selten gehegt werden, von vornherein auszuschalten. Das als eigene Gattung an zweiter Stelle geschilderte Lehrgerät bildet im Unterricht eine wertvolle Erleichterung für das Verständnis der zumal für den Anfänger nicht ganz einfachen Dinge. Da übersichtliche Vorführungen der Zweck der Anlagen war, durfte sich ihr Ausbau nicht auf die Nachahmung unwesentlicher Einzelheiten einlassen.

Henker, O., Der Punktellitätsprüfer (27. IX.) Zft. f. ophth. Opt. 1916, 4, 172—184 mit 6 Fig. (1. XII.).

Der Apparat wiederholt genau den Sehvorgang bei einem Brillenträger. Ein zu untersuchendes Brillenglas *B* (Fig. 11 und 12) wird in einen Halter eingelegt und entwirft von einer fernen Sehprobe *O* ein Bild *O'* nahe an seinem bildseitigen Brennpunkt, der mit dem Fernpunkt des Auges zusammenfällt. Dahinter steht zunächst zentriert ein Objektiv *Ob*₁, einem durch das Brillenglas blickenden Auge entsprechend. Dieses liefert von dem eben erhaltenen Bild der

Sehprobe ein weiteres von der Stelle O'' , wo die Netzhaut liegen würde. Durch ein Hilfsmikroskop (Ob_2 und Ok) wird dieses „Netzhaut“bild O'' beobachtet und die feinste, noch eben lesbare Schrift ermittelt. Soll nun die Güte des Glases in einer bestimmten schrägen Blickrichtung geprüft werden, so wird das „Augen“system Ob_1 zusammen mit dem Hilfsmikroskop um die senkrechte, durch den Punkt D' gehende Achse geschwenkt. Der Winkel kann an der Teilung abgelesen werden. Und wieder wird die kleinste noch zu entziffernde Zeichenreihe der Sehprobetafel ermittelt. Wie bei Sehprüfungen sind beide Ablesungen in Zahlen anzugeben. Der Ausfall des Vergleichs der geprüften Glasstellen wird durch einen Bruch ausgedrückt. Bei dem Gebrauch müssen gewisse Bedingungen erfüllt werden, um Täuschungen zu vermeiden (zentrische Aufstellung des Glases; Einhaltung des durch die Berechnung des Glases vorgeschriebenen Abstandes vom Augendrehpunkt; gleiche Größe der im Mikroskop verglichenen Bilder). Für deren Sicherstellung ist im Bau durch besondere Hilfsmittel Sorge getragen. Punktuell abbildende Gläser müssen die gleiche Reihe der Sehprobentafeln zu lesen gestatten, gleichgültig, ob sie in der Richtung der Achse geprüft werden oder schräg durch eine Randstelle (der Bruch erhält den Wert 1). Bei nicht punktuellabbildenden Gläsern ergibt sich für den Vergleich einer Randstelle und der Achse ein echter Bruch.

Auch astigmatische Gläser können nach dem gleichen Vorgehen untersucht werden. Dazu wird das „Augen“system künstlich astigmatisch gemacht. Die Anwendung einer Stokesischen Linse gestattet, dem Augensystem einen stetig veränderlichen Astigmatismus zu verleihen. Es sind zwei entgegengesetzt gleiche Zylinder, die so gefaßt sind, daß ihre Achsen gleichzeitig um gleiche Beträge in entgegengesetzter Richtung gedreht werden können. Ihre Gesamtwirkung ändert sich dabei von Null bis zur Summe ihrer absoluten Einzelwerte, während die Achsenlage unverändert bleibt. Auch hier müssen die vorhin genannten Vorschriften eingehalten werden. Bei Verbesserungen der Stellung des Glases muß eine nachträgliche kleine Verbesserung des Augenastigmatismus stattfinden, da der Berichtigungswert des Glases vom Abstand abhängig ist. Die zu prüfenden astigmatischen Gläser können in beliebigen Achsenebenen untersucht werden, indem man sie und die Stokesische Linse in ihrem Halter dreht. Störungen durch Farbfehler vermeidet man durch ein auf das Okular aufgestecktes Orangefilter.

Die Bedienung des Gerätes, die auf subjektivem Gebrauch beruht, erfordert einen guten Beobachter. Die Ergebnisse werden also von der Person abhängig sein. Ein objektives Meßverfahren wird in Aussicht gestellt.

Über Verwitterungsformen im Pariser Grobkalk¹⁾.

Von Dr. B. Brandt, Belzig i. M.

In den zahlreichen unterirdischen Steinbrüchen des nordfranzösischen Eozangebotes zeigt das im ganzen ziemlich gleichmäßig beschaffene Gestein gelegentlich merkwürdige Unterbrechungen seines Zusammenhanges. Die Dachplatte dieser Höhlen wird an manchen Stellen in ihrer ganzen Mächtigkeit von vertikalen, zylindrischen, schlotartigen Röhren durchsetzt, welche durch ihren kreisförmigen Querschnitt dem Tageslichte Zutritt gestatten (Fig. a im optischen Längsschnitt, b im Querschnitt). Sie machen einen vollkommen künstlichen Eindruck, um so mehr, als sie bisweilen als Mannlöcher ausgearbeitet sind und mit Leitern versehen gleichzeitig als Luftschächte und als Notausgänge dienen. Ich nahm daher anfangs auch eine künstliche Entstehung an und schenkte ihnen wenig Beachtung, bis eine Reihe weiterer Beobachtungen mich an einer solchen ausschließlichen zweifeln oder doch wenigstens der Frage Raum ließen, ob hier nicht die menschliche Tätigkeit einer vorhandenen natürlichen Erscheinung nachgeholfen hat.

Denn neben den Mündungen (b) sieht man an der Decke auch gleich große kreisförmige Nester von Lehm, die gegen das unveränderte Gestein scharf abgesetzt sind (c). Bisweilen sind die untersten Massen des Lehms herabgestürzt, und man erkennt, daß dieser eine vertikale zylindrische Hohlform, vermutlich eine Röhre a , ausfüllt (d).

Es könnte sich ja hier um künstliche, durch hineingestürzten Lehm verstopfte Schächte handeln; allein dazu ist der Lehm viel zu fest gepackt, sind die Röhren viel zu vollkommen verstopft. Auch müßte dann am Boden eine entsprechende Schuttmenge angehäuft sein, was nicht der Fall ist. Endlich wäre nicht einzusehen, warum die einen Schächte völlig verlegt, die anderen völlig frei geblieben sind und weshalb die Steinbrucharbeiter eine solche hinderliche Verstopfung ihrer Anlagen nicht beizeiten beseitigt haben.

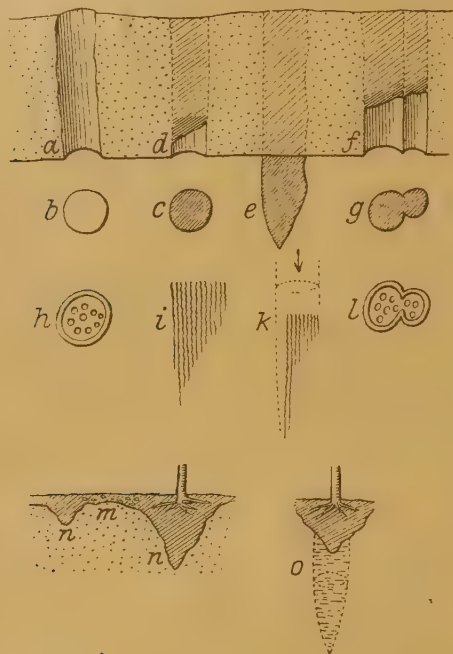
Weiter sieht man an den Wänden und an den Pfeilern längliche Lehmester (e), die, wie gelegentliche Anschnitte in den Ecken der unterirdischen Säle erweisen, nichts anderes als die Längsschnitte lehmgefüllter zylindrischer Röhren sind. Es sind augenscheinlich dieselben Gebilde wie c bzw. d; nur sind sie hier vertikal, dort horizontal durchschnitten, und während dort ein unterer Abschluß fehlt, hören sie hier mit einem blinden, vollständig mit Lehm erfüllten Ende auf.

Die Weite schwankt zwischen wenigen Dezimetern und etwa $1\frac{1}{2}$ Metern; auch die Längenausdehnung wechselt. Die längsten Röhren schätze

¹⁾ Eine Ergänzung zu dem Aufsätze „Über Höhlen und unterirdische Steinbrüche in Nordfrankreich“ im Jahrgang 1918 Heft 50.

ich auf 3 bis 4 Meter. Was die Verteilung anlangt, so schien mir, als ob sie dort fehlen, wo das Dach der Steinbrüche von beträchtlicher Mächtigkeit ist. Die Röhren sind demnach oberflächliche, den Grobkalk nur bis zu einer gewissen Tiefe durchsetzende Gebilde. Häufig treten sie nesterweise auf, dabei sieht man nicht selten, daß sie paarig verschmolzen sind und einen 8-förmigen Querschnitt haben (*f, g*).

Alle diese Eigenschaften schließen eine künstliche Entstehung für die lehmgefüllten Röhren völlig aus. Die leeren Röhren sind künstlichen zwar sehr ähnlich; da aber ihre Wandungen im kleinen viele Unregelmäßigkeiten, flache Buch-



ten und Höcker aufweisen und der sonst überall deutlichen Meißelschläge entbehren, so liegt die Wahrscheinlichkeit näher, daß auch sie zumeist natürliche Hohlräume vorstellen, die ursprünglich mit Lehm erfüllt waren, aber, nachdem ihre Natur erkannt worden war, von den Steinbrucharbeitern ausgeräumt und als Luftschächte benutzt worden sind.

In Gesellschaft der Lehmrohren findet sich eine andere bemerkenswerte Erscheinung. Im allgemeinen sind die Steinbruchhöhlen — von dem hohen Feuchtigkeitsgehalte der Luft abgesehen — trocken. Tropfbar flüssiges Wasser tritt nur selten und örtlich beschränkt an den Wandungen aus. An solchen Stellen sieht man das Wasser an der Decke neben den kreisrunden Lehmnestern mit kleinen in einer regelmäßigen Kreisfläche zusammengedrängten Tropfen zutage treten und abtropfen. In dem feuchteren Innenbezirke der Kreise wachsen häufig rötliche Algen, die durch das Abtropfen zu stalaktitenähnlichen Gebilden vereinigt werden, während ein Ring von Schimmelpilzen den weniger feuchten Saum einnimmt (*h*).

Infolge der Kreisform und des Abklingens der Feuchtigkeit nach außen hin gleichen die Wasseraustrittsstellen riesigen von Fließpapier aufgesogenen, sich nach außen mit abnehmender Kraft ausbreitenden Flüssigkeitstropfen. An den Wänden finden sich ferner algenrasenbedeckte Wasseraustrittsstellen länglicher Gestalt, die an die Längsschnitte der Lehmrohren erinnern und ihnen gelegentlich eng benachbart sind (*i*).

Diese durch den Steinbruchbetrieb künstlich gesetzten Wasseraustrittsstellen geben eine räumliche Vorstellung von den örtlich den Grobkalk durchsetzenden Wasseradern. Das Wasser wandert von der Oberfläche her in zylindrischen Räumen durch das Gestein hindurch (*k*). Bis zum Boden reichende Wasseraustrittsstellen und Algenrasen habe ich nie beobachtet; ein Umstand, der darauf hinweist, daß das Eindringen des Sickerwassers auf die oberen Gesteinsmassen beschränkt ist. Endlich schneiden sich die kreisförmigen Wasseraustrittsstellen gelegentlich und bilden, wie die Röhrenquerschnitte, 8-förmige Figuren (*l*).

Um dem Verständnis der angeführten Beobachtungen näher zu kommen, betrachten wir sie im Zusammenhange mit dem Kreislaufe der Niederschläge und den Verwitterungserscheinungen im Bereiche des Grobkalkes. Die Grobkalkplatte bildet das flache Dach steilgeböschter Tafelberge, die in ihrer Hauptmasse aus Sanden und Tönen bestehen. In der Regel liegt an der Basis des Grobkalkes eine Tonschicht, über der die eingedrungenen Niederschläge sich zu einem wasserreichen Quellhorizonte sammeln. Der Durchgang des Wassers durch das feinporige, spaltenarme Gestein erfolgt in der ganzen Masse des Grobkalkes, geht ganz langsam vor sich und äußert sich in den Steinbrüchen nur in großer Luftfeuchtigkeit. Das in den zylindrischen Säulen sich abwärts bewegend Wasser verschwindet an Masse im Vergleiche mit der gesamten zirkulierenden Wassermenge und spielt im allgemeinen Kreislaufe keine Rolle. Dagegen sind die Adern wasserreich im Vergleiche mit ihrer Umgebung; sie stellen also örtlich bevorzugte Wege für die eindringenden Niederschläge vor. Da nun der Grobkalk gleichmäßig beschaffen ist und nur wenig Spalten, vor allem aber keine vertikalen linienförmigen Stellen geringerer Dichtigkeit aufweist, so muß gefolgert werden, daß der günstigere Weg erst durch das Wasser selbst geschaffen worden ist. Das setzt aber voraus, daß es eine besondere Beschaffenheit, wahrscheinlich eine im Vergleiche mit der Hauptmasse der Sickerwässer gesteigerte gesteinauflösende Kraft hat.

Die am Rande der Grobkalkplatten angelegten Höhleneingänge geben in ausgedehnten Profilen einen Einblick in Art und Maß der Oberflächenverwitterung. Der Grobkalk verwittert, nachdem er ein Stadium vorwiegend mechanischer Zertrümmerung durchlaufen hat (*m*), zu einem homo-

genen Lehme. Die Mächtigkeit der Lehmdecke ist ganz verschieden; hier beträgt sie nur einige Dezimeter, dort senkt sie sich in Taschen tief in das Gestein hinein (n). Das Wurzelwerk der Bäume ruht meist in solchen 2 Meter an Tiefe bisweilen überschreitenden Taschen. Der Verwitterungslehm der Taschen gleicht petrographisch völlig dem, der die Röhren ausfüllt.

Es fragt sich nun, ob die Röhren ursprünglich hohl gewesen und erst nachträglich durch hineingestürzte, hineingespülte oder hineingeflossene, an der Oberfläche gebildete Verwitterungserde angefüllt worden oder durch Verwitterung an Ort und Stelle entstanden sind.

Der erste Fall ist — wie schon angeführt wurde — für die Gegenwart auszuschließen. Solange die Steinbrüche bestehen, also während eines nach Jahrhunderten zu bemessenden Zeitraumes, findet eine Ausfüllung der Röhren nicht statt. Es könnten aber in der langen seit der Landwerdung der Eozänplatte verstrichenen Zeit, über welche wir hinsichtlich des Klimas, der Verwitterung und Abtragung und der durch sie bedingten morphologischen Veränderungen erst im Beginne der Erkenntnis stehen, immerhin von den heutigen wesentlich abweichende Zustände geherrscht haben.

Dann kommt als Ursache für die röhrenförmigen Hohlräume allein die ausräumende Kraft vertikal bewegten Wassers, also eine Evorsionswirkung in Frage. Hierfür fehlen aber alle Voraussetzungen. Auch würde, wie wir bei den Strudeltöpfen beobachten, ein solcher Vorgang schon nach kurzer Zeit infolge fortwährender Ansammlung der Zerstörungsprodukte in den Hohlformen wieder zum Stehen gekommen, keineswegs aber so große Tiefenwirkung erreicht haben, als es hier der Fall ist.

So bleibt nur der zweite Fall, *örtliche Entstehung des Lehmes durch linear in die Tiefe fortschreitende Verwitterung*. Aber wie hat man sich eine so tiefgreifende und so regelmäßig wirksame Verwitterung zu erklären? Die Gesteinszersetzung durch die Bäume greift ja entsprechend der willkürlichen Verteilung der Wurzeln ganz unregelmäßig in den Boden ein und reicht vor allem nicht bis in eine solche Tiefe hinab.

Wir versuchen nun, die angeführten Beobachtungen und Betrachtungen zu einem Ganzen zu vereinigen und der Erklärung näher zu kommen.

Die den Grobkalk sprengenden und in die Tiefe dringenden Wurzeln der Bäume rufen vermöge ihrer das Gestein chemisch zerstörenden Absonderungen eine lehmige Zersetzung hervor und tiefen lehmgefüllte Taschen in das Gestein ein.

Die die Oberfläche der Tafelberge netzenden Niederschläge, von denen wegen der Ebenheit der Plateaus nur wenig Wasser oberflächlich abläuft, werden durch den Lehm am raschen Eindringen in den Grobkalk gehindert. Die Lehm-

decke, die die Feuchtigkeit lange in ihren molekularen Hohlräumen zurückhält und sie erst nach völliger Durchtränkung z. T. auch nach unten abgibt, stellt aber einen Speisungsbehälter für den Grobkalk vor. In den tiefen Taschen sammelt sich eine im Vergleiche mit der Nachbarschaft große Wassermenge an. Infolgedessen dringt an diesen Stellen auch mehr Wasser in die Tiefe.

Die gesteinauflösenden Absonderungen der Baumwurzeln teilen sich natürlich auch dem Bodenwasser mit und führen eine Verwitterung auch unterhalb des Wurzelbereiches herbei. Die in den Taschen aufgespeicherte erhöhte Bodenwassermenge enthält natürlich auch eine größere Menge von Wurzelabsonderungen gelöst, als es an Stellen normaler Verwitterung der Fall ist. Das von den Taschen aus einsickernde Wasser entfaltet daher auch auf seinem ganzen Wege gesteinerstörende Wirkungen.

Indem es den Kalk teilweise auflöst, schafft sich das Wasser einen bequemeren Weg, der eine weitere Vermehrung des Einsickerns zur Folge hat. Die Durchfeuchtung muß abnehmen erstens mit wachsender Tiefe, zweitens mit wachsender Entfernung von der Mitte in horizontaler Richtung. Die Ader muß also eine zylindrische Wassersäule mit kreisförmigem Querschnitt sein und nach unten zu auskeilen (o).

Indem dieser Vorgang fortschreitet, wird der Grobkalk im Bereiche der Wassersäulen zunehmend zersetzt und schließlich in eine von Verwitterungslehm erfüllte Röhre verwandelt. Schneiden sich die Einflußkreise zweier Taschen, so müssen natürlich Doppelformen entstehen (l und f. g).

Auf diese Weise würden die merkwürdigen Erscheinungen in den Steinbrüchen ungezwungen in Einklang miteinander und mit den herrschenden zerstörenden und abtragenden Vorgängen zu bringen sein. Allerdings enthält der obige Gedankengang zwei Glieder, denen Beobachtungen nicht zugrunde liegen. Es wäre der örtliche Zusammenhang der Sickerwassersäulen und der lehmgefüllten Röhren mit den Verwitterungstaschen an der Oberfläche nachzuweisen. (o). Ferner müßten die Übergänge der Wassersäulen in die Lehmröhren noch verfolgt werden. Im ersten Punkte begegnet der Nachweis der Natur der Sache nach Schwierigkeiten, da man auf zufällige Aufschlüsse angewiesen ist. Der andere Zusammenhang wird aber, wie mir schon ein flüchtiger Überblick zeigte, leicht herzustellen sein. Die Kriegslage, die uns das Tertiärgebiet so schnell entrückte, verhinderte mich, zu beiden Punkten weitere Nachforschungen anzustellen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Das Serienspektrum des Heliums.

A. Sommerfeld führte die Feinstruktur der scheinbar einfachen Spektrallinien in der Balmersehen Was-

serstoffserie zurück auf verschieden exzentrische Ellipsenbahnen des um den Kern ($+1e$) umlaufenden Elektrons ($-e$). An Stelle der einen Serie mit Feinstruktur beim Wasserstoff treten bei andern Elementen mehrere Serien auf, bekannt als Hauptserien, diffuse und scharfe Nebenserien, deren Schwingungszahlen ν am einfachsten beschrieben werden als Zusammensetzungen der sog. *S*-Terme, *P*-Terme und *D*-Terme: die Hauptserie hat die Schwingungszahlen $\nu = S - P$, die diffuse Nebenserie $\nu = P - D$ und die scharfe Nebenserie $\nu = P - S$. Beim *Helium* hat man von jeder Sorte zwei Terme (gehörend zu den Einfachlinien I und den Duplettlinien II) zu unterscheiden: S_I , S_{II} , P_I , P_{II} , D_I , D_{II} -Terme mit entsprechend vielen Schwingungszahlen ν . Es liegt nahe, in dieser Vielfachheit der Linien ein Analogon zur Feinstruktur der Wasserstofflinien zu vermuten, eine Art Grobstruktur, wie jene zustande kommend durch verschiedene Ellipsenbahnen des umlaufenden Elektrons. Beim *Helium* speziell läuft dieses Außenelektron um einen Kern ($+2e$), der seinerseits dicht umkreist wird von einem zweiten Elektron. Die Gesamtwirkung von Kern und Innenelektron auf das äußere hängt von der Gestalt und Größe der inneren Elektronenbahn ab. Durch die abstoßende Kraft des äußeren Elektrons wird die innere Bahn deformiert und verschoben, wie die in der Dispersionstheorie angewandte Methode der Bahnstörungen zeigt. Als Bahnen des Außenelektrons im Kraftfeld des Kerns und gestörten Innenelektrons kommen verschiedene Ellipsen in Betracht, deren Bahnebenen mit der Bahnebene des Innenelektrons noch verschiedene Winkel Θ einschließen können. Jede solche Bahn ist quantentheoretisch beschrieben durch drei ganze Zahlen n' , n_1 und n_2 , von denen die erste die Exzentrizität der betreffenden Ellipse bestimmt, $n_1 + n_2 = n$ die Flächengeschwindigkeit auf dieser Bahn, und der Quotient $n_1 : n_2 = \cos \Theta$ den Neigungswinkel Θ mißt. Die Bahn (n' , n_1 , n_2) = (1, 0, 1) bedeutet z. B. eine Ellipsenbahn mit der Exzentrizität e , bestimmt aus $\sqrt{1 - e^2} = \frac{n'}{n_1 + n_2} = \frac{1}{2}$, und der Bahneigung $\Theta = 90^\circ$. Berechnet man die Bahnen (n' , n_1 , n_2) = (1, 0, 1), (2, 0, 1), (3, 0, 1) usw., so finden sich die zugehörigen Schwingungszahlen ν in naher Übereinstimmung mit der Reihe der S_I -Terme. Die Reihe der P_I -Terme entsteht aus den Bahnen (0, 0, 2), (1, 0, 2), (2, 0, 2) usw., D_I aus den Bahnen (0, 0, 3), (1, 0, 3), (2, 0, 3) usw. Das sind lauter Bahnen, die in der zum inneren Elektron senkrecht gekreuzten Ebene verlaufen. In der gleichen Ebene wie das innere Elektron laufen dagegen vermutlich die Bahnen (1, 1, 0), (2, 1, 0), (3, 1, 0) usw., die zu den Termen S_{II} führen, unter 60° ($\cos \Theta = \frac{1}{2}$) die zu P_{II} gehörenden Bahnen (0, 1, 1), (1, 1, 1), (2, 1, 1) usw., und unter $70,53^\circ$ Neigung ($\cos \Theta = \frac{1}{3}$) die Bahnen (0, 1, 2), (1, 1, 2), (2, 1, 2) usw. zu den Termen D_{II} gehörend. Diese dynamische Deutung des Seriensystems von *Helium* ist übrigens eine Bestätigung der Vermutungen, die A. Sommerfeld über die allgemeine Natur der Serienspektren ausgesprochen hat. Die ausführliche Mitteilung der Heliumtheorie erscheint demnächst in der Physikalischen Zeitschrift.

Frankfurt a. M., den 31. März 1919.

A. Landé.

Der innere Aufbau der Sterne.

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Der innere Aufbau der Sterne“ (diese Zeitschrift, Heft 5 und 6), worin ich die Arbeiten Eddingtons über das Strahlungsgleichgewicht geschildert habe, habe ich leider ein Versehen Eddingtons mit übernommen, das von mir nicht bemerkt worden

ist, und das jetzt von Eddington selbst korrigiert wird (Monthly Notices 79, 22, November 1918). Der Strahlungsdruck ist nämlich gleich $\frac{1}{3} a T^4$ gesetzt, wobei $a T^4$ die Energiedichte bedeutet, während der richtige Wert $\frac{1}{3} a T^4$ ist. Dieser fälschlich hinzugeführte Faktor 4 ändert die Zahlenfaktoren in einem Teil der angegebenen Gleichungen. Glücklicherweise behalten aber alle numerischen Rechnungen volle Gültigkeit, wenn man für das Molekulargewicht an Stelle des Wertes 2 den Wert $2\sqrt{2} = 2,8$ setzt. Es ist dies eher von Vorteil als von Nachteil, da der Wert 2 die untere Grenze für das Molekulargewicht darstellt, und ein Wert nahe 3 den tatsächlichen Verhältnissen besser als der Wert 2 entsprechen dürfte.

Um alle in dem Aufsatz angegebenen Zahlen zu berichtigen, sind folgende Korrekturen erforderlich:

S. 67, Anm. 1.	Lies	$\frac{1}{C}$	an Stelle von	$\frac{4}{C}$
		$\frac{1}{3} a T^4$		$\frac{4}{3} a T^4$
S. 68 (an 5 Stellen)		$\frac{1}{3} a$		$\frac{4}{3} a$
Gleichung (1)		$4 \left(\frac{4}{3} \pi \right)^3$		$\left(\frac{4}{3} \pi \right)^3$
S. 69, Gleichung (2)		0,73		2,91
	{ wir wählen }		{ wir wählen }	
	{ den Wert 2,8 }		{ den Wert 2 }	
S. 89, Gleichung (1)		9,6		2,39
Gleichung (2)		0,73		2,91
	m gleich 2,8		m gleich 2	
S. 90, Zeile 2		Wert 2,8		Wert 2
S. 91, Anm. 1		$\frac{1}{3} a$		$\frac{4}{3} a$

Potsdam, den 1. April 1919.

Arnold Kohlschütter.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Aufgaben der Wirtschaftsgeographie. Im Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht hielt am 5. Februar Professor K. Hassert (Dresden) einen Vortrag über den Bildungswert der Wirtschafts- und Verkehrsgeographie. Der Krieg hat die Mängel unseres Volkes an erdkundlichen Kenntnissen mit erschreckender Deutlichkeit ans Licht gebracht und gezeigt, daß die Erweiterung des geographischen Gesichtskreises mit der Entwicklung unserer Weltmachtstellung nicht gleichen Schritt gehalten hat. Erdkundliche Bildung aber, die ein Erkennen der geographischen Zusammenhänge ermöglicht, ist für ein Weltvolk unentbehrlich, und reale Notwendigkeiten sind es somit, die mit zwingender Gewalt auf eine Vertiefung des geographischen Unterrichts drängen. Viele sehen den Inhalt der Geographie noch immer in jener langweiligen Aneinanderreihung von Daten und Zahlen ohne inneren Zusammenhang und höheren Bildungswert, wie sie früher auf den Schulen geübt wurde. Dem gegenüber muß betont werden, daß die moderne Geographie einen wesentlichen Bestandteil der allgemeinen Bildung darstellt, der für das praktische Leben wie für die Schulung des Geistes gleich wertvoll ist. Freilich hat eine einseitige morphologische Entwicklung, auf deren Gefahren schon 1891 F. Ratzel und neuerdings A. Supan hinwiesen, die Geographie dem praktischen Leben vielfach entfremdet. Eines der wichtigsten und anziehendsten Objekte geographischer Betrachtung wird stets der Mensch bleiben, wenn auch der Zusammenhang mit der physi-

schen Landesnatur immer gewahrt bleiben muß. Allgemeine Übereinstimmung herrscht heute darüber, daß die Wirtschaftsgeographie ein wesentlicher Bestandteil der Geographie sei, und zwar ein Teil der Anthropo- oder Kulturgeographie, die den Wechselbeziehungen zwischen Natur und Mensch nachgeht. Die Wirtschaftskunde betrachtet alle, nicht nur die in der Natur begründeten Teile des Wirtschaftslebens, während in der Wirtschaftsgeographie das erklärende und folgernde Element das rein aufzählende überwiegen muß. Eine häufig ungenießbare Aufzählung von Namen und Zahlen, ein Durcheinander von Warenkunde, Statistik usw. geben keinen richtigen Aufschluß über das Wirtschaftsleben eines Landes.

Im Ausbau unseres rasch zu großer Wichtigkeit emporgeblühten Zweiges an dem vielfach verästelten Baum der Erdkunde ist von vielen Methodikern eifrig und erfolgreich gearbeitet worden. Die von W. Götz in München betonte naturwissenschaftliche Auffassung der Wirtschaftsgeographie ist zu eng. Schon Peschel warnte davor, den Einfluß der natürlichen Verhältnisse auf die Wirtschaftsgeographie zu überschätzen, da immer das Eingreifen des Menschen von ausschlaggebender Bedeutung sei. Die Natur gibt zwar die Möglichkeit, aber der menschliche Wille ist doch der eigentliche Träger der Wirtschaft. Die anthropogeographische Auffassung, deren entschiedenster Vertreter E. Friedrich in Leipzig ist, stellt den Menschen in den Vordergrund der Betrachtung. Die spezielle Wirtschaftsgeographie behandelt nacheinander die einzelnen Erdräume als Schauplatz des Wirtschaftslebens und ordnet sich somit der Länderkunde unter. Die allgemeine Wirtschaftsgeographie erfaßt die Erscheinungen allgemein in ihrer wirtschaftlichen Bedingtheit über die ganze Erde. Sie bedient sich der analytischen Betrachtungsweise, während das chorologische Element zurücktritt. Es lassen sich in der Wirtschaftsgeographie drei Untergruppen erkennen, die in untrennbaren Wechselbeziehungen miteinander stehen: 1. Die Produktionsgeographie, bei der es nicht so sehr auf die geographische Verbreitung der Rohstoffe an sich ankommt, als vielmehr auf den für Handelszwecke des betreffenden Landes freibleibenden Überschuß. Ihr schließt sich an 2. die Handelsgeographie, weil die Güterverteilung der Gütererzeugung folgt. Vom Handel aber ist der Verkehr als Raum- und Zeitüberwinder nicht zu trennen, und so ergibt sich als Ergänzung 3. die Verkehrsgeographie, die sich mit den Verkehrsformen, -mitteln und -wegen befaßt, soweit sie geographischer und nicht technischer oder kaufmännischer Natur sind. Zu den Hilfswissenschaften der Wirtschaftsgeographie gehört der ganze Kreis der Naturwissenschaften, Geschichte, Volkswirtschaft, Statistik usw.

Mit besonderem Nachdruck betonte der Vortragende die Bedeutung der Wirtschaftsgeographie als Bildungs- und Unterrichtsfach. Wenn auch die Kenntnis eines bestimmten Tatsachenmaterials notwendig, und eine gewisse Menge von Namen und Zahlen nicht entbehrlich ist, so dürfen doch derartige zusammenhanglose Einzelheiten nicht die Hauptsache ausmachen. Die Wirtschaftsgeographie ist auch keine abgeschlossene Wissenschaft, sondern wir müssen täglich Neues dazulernen und ständig umlernen, weil das Wirtschaftsleben in dauerndem Fluß begriffen ist. Insbesondere muß der deutsche Kaufmann rechtzeitig auf den weltwirtschaftlichen Wettbewerb vorbereitet werden. Aber auch für die politische Bildung ist unsere Wissenschaft von großer Wichtigkeit, denn die auswärtige Politik verfolgt heute in allen Staaten wesentlich wirtschaftliche Zwecke. Verstieg sich doch der Franzose *Dra-*

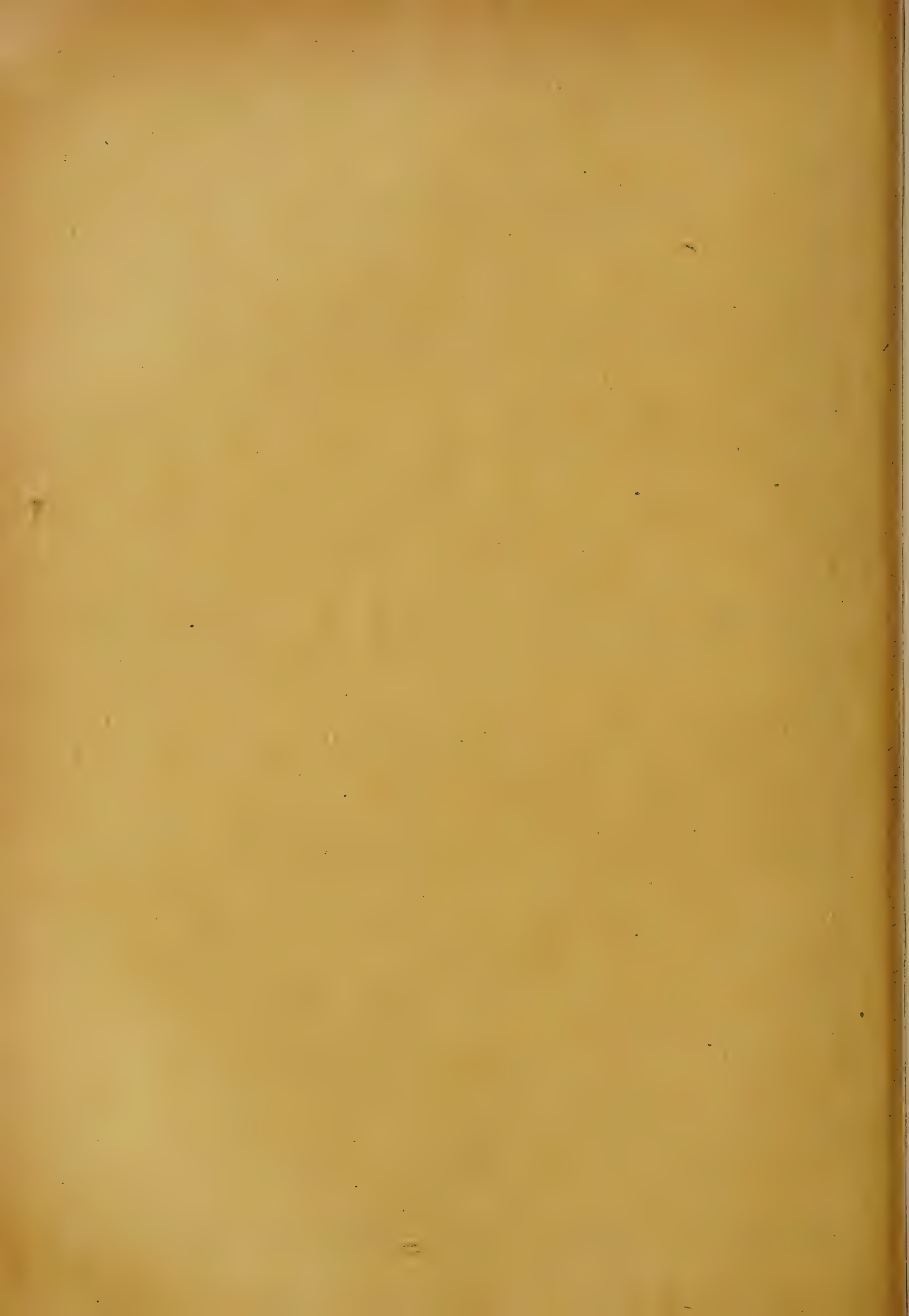
peyron zu der Behauptung, nur die Geographie liefere wahre Staatsmänner. An einer Reihe von einzelnen Beispielen zeigte der Vortragende, wie sich aus wirtschaftsgeographischen Tendenzen die politischen Ziele mancher Völker erklären lassen, und wie schwere politische Fehler aus Mangel an wirtschaftsgeographischen Kenntnissen gemacht worden sind. Anerkennende Worte fand er für das von der Tagespresse geleistete große Maß von Aufklärungsarbeit, und mit eindringlichen Worten legte er den Hochschulen die vaterländische Pflicht ans Herz, der heranwachsenden Generation das erforderliche wirtschaftsgeographische Verständnis zu vermitteln.

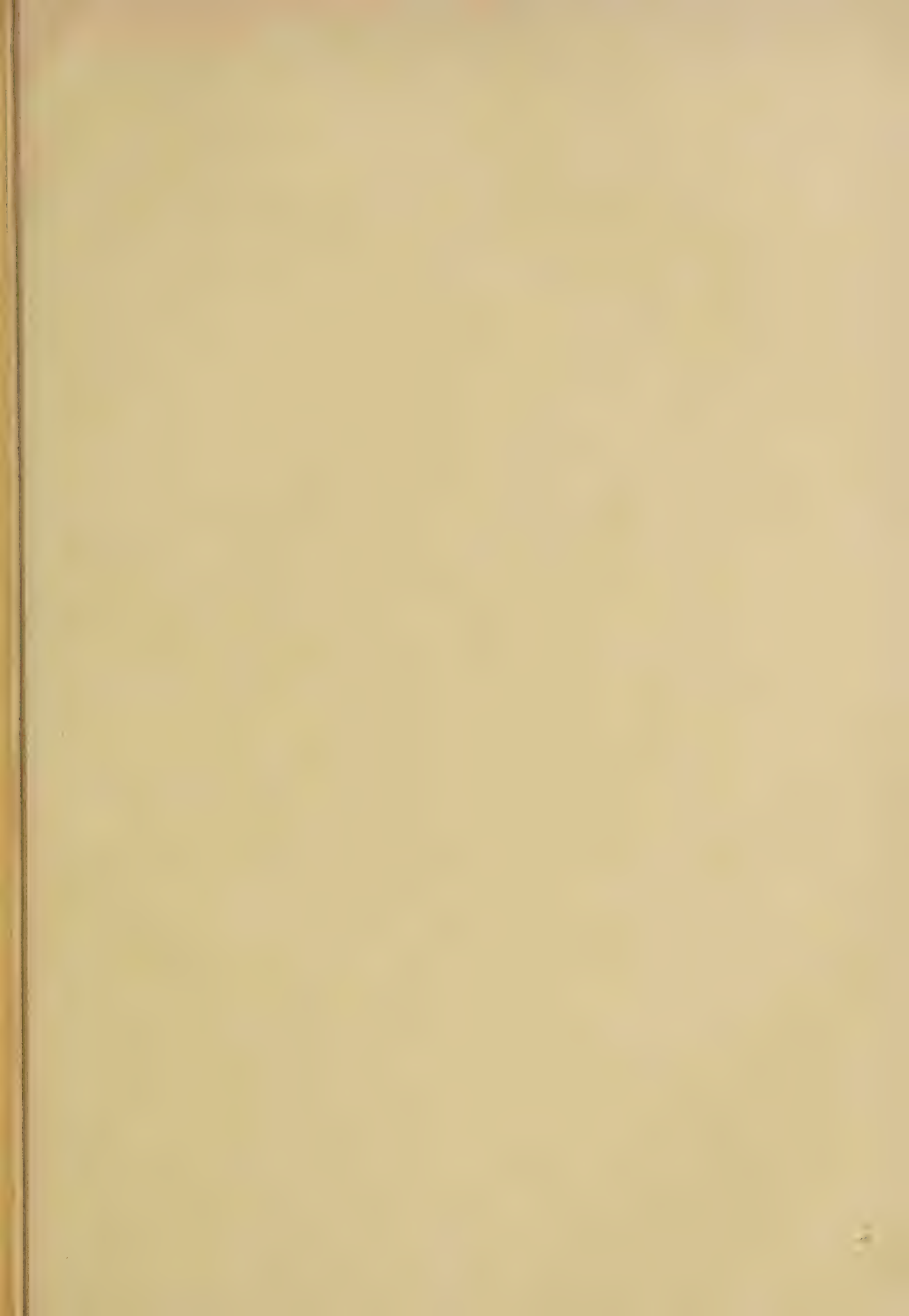
Zu dem materiellen gesellt sich noch der formale Wert der Wirtschaftsgeographie, die nicht nur von einem Nützlichkeits-, sondern auch vom erzieherischen Standpunkt aus betrachtet werden muß. Sie regt zum Nachdenken und zur Ausbildung der Urteilsfähigkeit an. Das Ist verwandelt sie in ein lebendiges Werden, das Was in ein Warum. Wenn die Wirtschaftsgeographie in der richtigen Weise gepflegt wird, so kann sie auch nicht ohne Einfluß auf die Persönlichkeitsbildung bleiben. Gerade in der jetzigen Zeit liegen uns die nationalen Aufgaben aller Zweige der Erdkunde besonders nahe. Denn durch den Weltkrieg hat die Geographie eine höhere Wertschätzung erfahren, die hoffentlich dazu beitragen wird, sie aus der Aschenbrödelstellung, die sie heute noch im Schulunterricht einnimmt, zu befreien und sie zum Gemeingut unseres Volkes zu machen.

O. B.

Die Entwicklung der chemischen Industrie Frankreichs während des Krieges. Während des Krieges waren alle uns feindlichen Großmächte bestrebt, ihrer seit langer Zeit bestehenden Abhängigkeit von der deutschen chemischen Industrie ein Ende zu machen; namentlich gilt dies von der Farbstoffindustrie. In besonders hohem Maße war die chemische Industrie Frankreichs von Deutschland abhängig, denn von dem gesamten Außenhandel Frankreichs in chemischen Erzeugnissen entfielen nicht weniger als 66 % auf Deutschland, und von den chemischen Fabriken Frankreichs waren 111 in deutschem Besitz, und zwar zu meist Filialen unserer großen chemischen Werke. Während in den ersten Kriegsjahren sich das Streben nach wirtschaftlicher Unabhängigkeit nur in Aufsätzen und in der Schaffung von Studienkommissionen bemerkbar machte, kam Ende 1916 die Gründung einer großen Farbstoffunternehmung, der *Compagnie Nationale des matières colorantes*, zustande. Als Voraussetzung für die Entwicklung dieses Industriezweiges wurden von einer Sonderkommission die folgenden Forderungen aufgestellt: 1. Ausbau der Kokereien auf ihre Höchstleistung, 2. staatliche Unterstützung für diejenigen Fabriken, die Teerzwischenprodukte herstellen, 3. Anpassung der Farbstofffabriken an die Bedürfnisse der Kunden, 4. Festsetzung der Zölle für Farbstoffe und Zwischenprodukte nach deren tatsächlichem Wert, 5. Abänderung des Patentrechts dergestalt, daß nicht die Erzeugnisse, sondern das Verfahren der Herstellung geschützt wird, 6. Steuerfreiheit für Alkohol und Methylalkohol, der in gewerblichen Betrieben Verwendung findet, 7., 8., 9. Ausbau des Transportwesens, des Außenhandelsdienstes und der Statistik.

Die Schwierigkeiten der Farbstoffindustrie in Frankreich liegen vornehmlich in der Rohstoffversorgung, denn Frankreich konnte vor dem Krieg nur 10 bis 13 000 t Benzol gewinnen und mußte 90 000 t Teerdestillate und Zwischenprodukte aus dem Ausland beziehen. Bis Ende 1917 soll die Erzeugung der französischen Farbstofffabriken auf 1800 t gehoben worden







J. Klein

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

25. April 1919.

Heft 17.

FELIX KLEIN

ZUR FEIER

SEINES SIEBZIGSTEN GEBURTSTAGES

Inhalt:

	Seite
Felix Klein zum 25. April 1919, seinem siebenzigsten Geburtstage. Von <i>Geh. Hofrat Prof. Dr. Robert Fricke, Braunschweig</i>	275
Felix Klein als junger Doktor. Von <i>Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Voß, München</i>	280
Klein und die Mathematik der letzten fünfzig Jahre. Von <i>Prof. Dr. Wilh. Wirtinger, Wien</i>	287
Klein und die nichteuklidische Geometrie. Von <i>Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Schoenflies, Frankfurt a. M.</i>	288
Die Bedeutung des Erlanger Programms. Von <i>Prof. Dr. C. Carathéodory, Berlin</i> . .	297
Klein, Riemann und die mathematische Physik. Von <i>Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Sommerfeld, München</i>	300
Felix Klein und die Reform des mathematischen Unterrichts. Von <i>Prof. Dr. H. E. Timerding, Braunschweig</i>	303
Felix Klein und die Förderung der angewandten Wissenschaften. Von <i>Prof. Dr. L. Prandtl, Göttingen</i>	307
Liste der Veröffentlichungen:	
A. Selbständig erschienene Veröffentlichungen, redigierte Sammelwerke, sowie Einführungsworte zu Werken anderer	311
B. Autographierte Vorlesungshefte	312
C. Die bei Felix Klein bearbeiteten Dissertationen	312
D. Abhandlungen	313

Felix Klein zum 25. April 1919, seinem siebenzigsten Geburtstage.

Von Geh. Hofrat Prof. Dr. R. Fricke, Braunschweig.

In seiner Familiengeschichte schreibt Herr Justizrat A. Klein, Bruder von Felix Klein: „Mein Vater war ein kerniger Westfale, ein organisatorisches Talent, fleißig und streng gegen sich selbst. Meine Mutter stellte die Güte und Milde im Hause dar, sie besaß ausgeprägte pädagogische und spekulativ-wissenschaftliche Interessen.“ Da bewahrheitet sich Zarathustras Spruch: „Ehe, so heiße ich den Willen zu Zweien, das Eine zu schaffen, das mehr ist, als die es schufen.“ Vom Vater erbte Felix Klein sein großes organisatorisches Talent, seinen Fleiß, seinen unermüdlichen Schaffensdrang; der Mutter dankt er seine unvergleichlichen pädagogischen Gaben, seine spekulativ-wissenschaftlichen Interessen und nicht zum letzten die Güte seines Herzens.

Die vorliegenden Zeilen können und wollen nicht den weiter folgenden Einzelaufsätzen vorgreifen, in denen die reichen Ergebnisse von Felix Kleins Lebensarbeit nach ihren verschiedenen Richtungen hin ausführlicher gewürdigt werden. Indem diese einleitenden Zeilen sich nur bestreben, ein kürzeres Gesamtbild der Persönlichkeit Kleins zu entwerfen, mögen sie ein Triptychon zeichnen, dessen Mittelstück füglich der Forscher Klein einnehmen mag, dessen Flügelbilder aber dem Lehrer und dem Organisator gewidmet sein mögen.

Will man die Schöpfungen Kleins im Gebiete der forschenden Mathematik voll würdigen, so muß man sich in die Zeiten ihrer Entstehung zurückversetzen. Wenn auch schon langsam die Saat ausgestreut wurde, die dann während der letzten Jahrzehnte eine starke Wandlung namentlich der Funktionentheorie im Sinne der Cantorsche Lehre zur Folge hatte, so waren es doch in der Jugendzeit Felix Kleins andere Probleme und vor allem andere Methoden, die das Interesse der Mathematiker vornehmlich in Anspruch nahmen. Riemann war aus reicher und noch mitten im Flusse befindlicher Entwicklung früh verstorben. Nur erst im Gebiete der Funktionentheorie waren seine Grundauffassungen von ihm selbst schon etwas weitergehend entwickelt. Aber auch so war nur ein erster Schritt getan, um eine neue Periode funktionentheoretischer Forschung einzuleiten. Wenn auch viele an der Fortbildung der reichen Ideenwelt Riemanns arbeiteten, so wurde doch Felix Klein der eigentliche Vollender Riemanns in seinem Hauptgebiete, der Funktionentheorie. Klein teilt mit Riemann die lebendige geometrische Anschauung, vor allem auch die physikalischen Interessen und

die Fähigkeit, physikalische Probleme und Methoden nutzbringend für mathematische Zwecke zu verwerten. Klein wurde, nachdem er im Herbst 1865 sechzehnjährig vom Gymnasium seiner Vaterstadt Düsseldorf zur Bonner Universität gekommen war, bereits zu Ostern 1866 Assistent für Physik bei Plücker und hatte dabei zugleich den Vorteil, in Plückers geometrische Forschungen frühzeitig die beste Einführung zu gewinnen. Bei seiner mit Riemanns Eigenart so nahe verwandten Doppelseite ist es denn verständlich, daß späterhin, als Klein den Schöpfungen Riemanns näher trat, jene glänzende Reihe von Untersuchungen aus der zweiten Hälfte der siebziger Jahre und den ersten achtziger Jahren ausgelöst wurde, die in der Arbeit „Neue Beiträge zur Riemannschen Funktionentheorie“ gipfelte. Es ist gewiß kein schlechter Titel, „Schüler Riemanns“ zu heißen, und bis zu einem gewissen Grade ist schließlich jeder ein Schüler seiner Zeit. Aber gleichwohl ist hervorzuheben, daß die Riemannsche Tradition in Kleins Hand zu einer neuen und wirkungsvollen Disziplin wurde, die lange Zeit einen Mittelpunkt des mathematischen Interesses abgab. Insbesondere ist der Begriff der „automorphen Funktion“, abgesehen von dem gleichberechtigten Anteile, der einem fremdländischen Mathematiker zukommt, durchaus Kleins selbständiges Werk.

Fügt sich Klein, was die Gegenstände seiner Forschungen übrigens auch in seiner ersten, rein geometrischen Periode angeht, dem allgemeinen Stande der Mathematik in den sechziger und siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ein, so ist er doch ein ganz Neuer in der Methode der Forschung, die seiner Eigenart entspricht. Diese Methode beruht auf der genialen Fähigkeit Kleins, die inneren Zusammenhänge zwischen den verschiedenen mathematischen Disziplinen zu erkennen und für die Zwecke der weitergehenden Forschung fruchtbar zu gestalten. Es ist wohl namentlich von seiten der Arithmetiker vielfach der Grundsatz verfochten, die Methode solle sich in ihrer Art allemal genau dem Gegenstande anpassen, und es sei noch ein Zeichen der Unreife, wenn die Entwicklung mit Überlegungen arbeite, die ihrer Art nach dem Gegenstande fremd seien. Dies trifft gewiß in manchen Fällen zu. So hat z. B. die Idealtheorie Dedekinds in rein arithmetischem Gewande, das ihr Schöpfer allein gelten ließ, gewiß ihre reifste Gestalt. Aber es wäre verfehlt, den fraglichen Grundsatz zu einer allgemein verbindlichen Norm mathematischer Forschung zu machen. Gerade Kleins beste Arbeiten über elliptische Modulfunktionen

wirken hier überzeugend. Ich glaube, daß die meisten Mathematiker, die *Kleins* Arbeiten über die Transformation siebenten Grades der elliptischen Funktionen gelesen haben, von der Schönheit dieser Entwicklungen ergriffen worden sind. Es hat ja freilich auch Kritiker gegeben, die ihr Urteil in die Aussage zusammenfaßten: „Die Resolvente siebenten Grades hatte auch schon *Hermite*.“ Aber *Hermite* hat nicht die Kurve vierten Grades mit 168 Kollineationen in sich, die *Kleins* eigene Entdeckung war. Er hat vor allem nicht das wunderbare Zusammenspiel der Arithmetik der Modulgruppe mit der geometrischen Invariantentheorie im ternären Gebiete, mit der genialen Handhabung der Riemannschen Flächen zur Gewinnung der Resolventen. Fast mühelos kamen da die Ergebnisse zustande, die früher nur durch umständliche Rechnungen gewonnen werden konnten. Jeder Zweifel an der überragenden Kraft dieser Methode mußte verstummen, als *Klein* bald nachher seine endgültigen Resultate über die Transformation elften Grades vorlegte. Damit vergleiche man die inmitten gescheiterten Versuche *Hermites*, die Resolvente elften Grades zu gewinnen.

Ein besonders schönes Beispiel für *Kleins* Forschungsmethode liefert auch die geradlinige projektiv-geometrische Gestalt des den Modulfunktionen zugrunde liegenden Dreiecksnetzes. In dieser Figur stellte *Klein* eine innige Beziehung zwischen der projektiven Geometrie und der arithmetischen Theorie der ganzzahligen binären quadratischen Formen her, Gegenstände, welche zwei Disziplinen angehören, die man als zwei Gegenpole der Mathematik ansehen möchte. Interessant ist auch, daß *Klein*, als er im Winter 1869/70 durch *Stolz* zuerst von der nichteuklidischen Geometrie hörte, sofort deren Beziehung zur Cayleyschen Maßgeometrie erkannte. Dieser Erkenntnis danken wir jene beiden bahnbrechenden Arbeiten *Kleins* über nichteuklidische Geometrie aus dem Anfange der siebziger Jahre. Auch die bekannte Programmschrift „Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen“, mit der *Klein* seine Erlanger Professur antrat, steht ganz auf dem Boden seiner Methode, insofern hier die verschiedenen Richtungen geometrischer Forschungen auf Grund eines einheitlichen gruppentheoretischen Prinzips miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Mit Recht sieht man als die höchste Höhe, zu der *Klein* in seiner funktionentheoretischen Periode gelangt ist, die Entdeckung jener Sätze an, die er selbst „Fundamentaltheoreme“ nannte, und die heute „Uniformisierungsätze“ heißen. Man kennt die überraschende Entwicklung, welche die Theorie der elliptischen Funktionen durch *Abel* und *Jacobi* genommen hat. *Legendre* betrachtete die elliptischen Integrale in ihrer Abhängigkeit von der Integrationsvariablen. Indem *Abel* und *Jacobi* alle Größen des hier vorliegenden Systems zusammenhängender Variablen in ihrer Abhän-

gigkeit vom Integral erster Gattung untersuchten, gelangten sie zu „eindeutigen“ Funktionen; sie hatten die „uniformisierende“ Variable für das System dieser Funktionen erkannt. Im Sinne der Riemannschen Theorie bezieht sich diese Entdeckung auf die algebraischen Gebilde des Geschlechtes 1. *Klein* ist der Entdecker der verschiedenen Gattungen uniformisierender Variablen für algebraische Gebilde eines beliebigen Geschlechtes geworden; dies ist eine der größten Leistungen, die mit seinem Namen verbunden bleiben wird. Es mußte allerdings erst noch ein Vierteljahrhundert hingehen, bis alle von *Klein* aufgestellten Theoreme einwurfsfreie Beweise fanden. Die Beweismethoden aus dem Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts waren noch unzureichend. Erst von 1907 ab gelang es *P. Koebe*, die Kleinschen Theoreme nach und nach alle streng zu beweisen.

Es sind hiermit übrigens nur erst die wichtigsten Gebiete der Forschungen *Kleins* namhaft gemacht. Wie man aus der unten folgenden Liste der Veröffentlichungen *Kleins* entnehmen wollte, ging der funktionentheoretischen Periode eine durch vielseitige Erfolge gekrönte Zeit geometrischer Forschungen voraus. Hieran schlossen sich die algebraischen Arbeiten über die Auflösung der allgemeinen Gleichung fünften Grades in dem geometrischen Gewande der Ikosaedertheorie. Andererseits setzen mit dem Ende der achtziger Jahre die Untersuchungen über hyperelliptische und Abelsche Funktionen ein. Weiter tritt in den neunziger Jahren das Interesse für die Anwendungen deutlicher hervor; wir verdanken dieser Periode insbesondere das bekannte Werk von *Klein* und *Sommerfeld* über den Kreisel. Inzwischen war die Zeit gekommen, wo durch die ausgedehnte organisatorische Tätigkeit *Kleins* die mathematische Produktion mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt wurde. Daß aber die Kraft der Produktion noch keineswegs erschöpft war, hat in den allerletzten Jahren das erfolgreiche Eingreifen *Kleins* in die Entwicklungen von *Einstein* und *Hilbert* über die Grundlagen der Physik und insbesondere über die Gravitationstheorie gezeigt.

Die akademische Lehrtätigkeit *Kleins* begann im Anfang des Jahres 1871 mit seiner Habilitation in Göttingen. Hierher war *Klein* bereits 1869 gekommen, als ihm nach *Plückers* Tode (1868) die Aufgabe erwuchs, den liniengeometrischen Nachlaß *Plückers* herauszugeben, und er dieserhalb die Beziehung zu *Olebsch* in Göttingen anknüpfte. Übrigens ist bemerkenswert, daß *Klein* während seiner Göttinger Dozentur vornehmlich physikalische Vorlesungen gehalten hat. Erst durch die schnelle Entwicklung seiner amtlichen Laufbahn wurde er endgültig für die Mathematik gewonnen. Sehr wesentlich für die Weiterentwicklung wurde in Göttingen die enge wissenschaftliche Beziehung, die sich zwischen

Klein und *Clebsch* sowie dessen Schülern entspann. Auch die Beziehung zu *Lie*, die bereits früher angeknüpft war, blieb von nachhaltiger Einwirkung.

Nach kurzer Dozentenzeit wurde *Klein*, damals 24-jährig, im Herbst 1872 als ordentlicher Professor nach Erlangen berufen, wo er eine äußerst geringe Studentenanzahl und sehr unentwickelte Verhältnisse antraf. Aber das Bild sollte alsbald ein ganz anderes werden. Im November 1872 starb *Clebsch* ganz unerwartet auf der Höhe seiner Wirksamkeit. In ihm verlor *Klein* seine damals wichtigste wissenschaftliche Beziehung, aber zugleich erwuchsen ihm aus diesem Verluste die größten Aufgaben. Sein Ruf als Geometer und als akademischer Lehrer war bereits so fest gegründet, daß ihm alsbald der Schülerkreis von *Clebsch* nach Erlangen folgte und in ihm einen neuen Mittelpunkt fand.

Aber auch diese Tätigkeit sollte nur wenige Jahre dauern. Bereits zu Ostern 1875 wurde *Klein* an die technische Hochschule nach München berufen, wo er zusammen mit *Brill* die Nachfolge *Hesses* zu übernehmen hatte. Es erwuchs hier die Doppelaufgabe, neben den erforderlichen Vorlesungen für die Studierenden der technischen Wissenschaften solche für Schulamtskandidaten zu halten, die, dem Münchener Brauche entsprechend, gleichfalls an der Hochschule studierten. *Klein* und *Brill* wurden dieser Aufgabe durch Neueinrichtung des Lehrplanes gerecht. Sie richteten zunächst für die Ingenieure eine über vier Semester reichende Vorlesung über „Höhere Mathematik“ mit zugehörigen Übungen ein, die sie jedes Jahr wechselnd begannen. Daneben traten besondere Vorlesungen für Schulamtskandidaten. In letzterem Kreise fand *Klein* wieder eine größere Anzahl von Spezialschülern. Es war die Zeit, wo neben die Geometrie und Algebra nun die Funktionentheorie als *Kleins* Forschungsgebiet trat. Die Periode der elliptischen Modulfunktionen begann und entwickelte in dem ganzen um *Klein* gescharten Schülerkreise eine lebhafte und erfolgreiche Forschertätigkeit.

Herbst 1880 ging *Klein* als Professor an die Universität Leipzig über, und zwar mit einem ausdrücklichen Lehrauftrage für Geometrie. Dieses Gebiet sollte für die Ausbildung der Schulamtskandidaten mehr zur Geltung gebracht werden. *Klein* richtete einen viersemestrigen Vorlesungskurs über Geometrie ein, setzte daneben aber seine funktionentheoretischen Spezialvorlesungen fort. Die Zahl seiner Spezialschüler wuchs beständig. Neben den Deutschen fanden auch begabte Ausländer den Weg zu ihm; sein Seminar war eine Stätte lebhaftester Arbeit, die weitere Ausbildung der Theorie der elliptischen Modulfunktionen gab den Hauptmittelpunkt ab, *Klein* selbst war auf der Höhe seiner Untersuchungen über automorphe Funktionen angelangt.

Als *Klein* zu Ostern 1886 seine Stellung in Leipzig mit der an der Universität Göttingen tauschte, waren wohl in erster Linie Gesundheitsrücksichten maßgeblich. Daneben kam aber die Sehnsucht nach jenem Orte hinzu, wo *Klein* die ersten frohen Jahre seiner akademischen Lehrtätigkeit durchlebt hatte, wo er in lebhaftem wissenschaftlichen Austausch mit *Clebsch* und seinen Schülern das Glück des Gebens und Empfangens in vollen Zügen kennen gelernt hatte. Seiner geliebten Universität Göttingen ist *Klein* dann trotz mehrfacher glänzender Berufungen über die Jahrzehnte treu geblieben. Von hier ist jene umfassende Wirksamkeit ausgegangen, die seinen Namen in dem großen Kreise der preußischen Oberlehrer so hochgeachtet und beliebt gemacht hat.

Wenn man nun nach den Mitteln fragt, mit denen *Klein* seine akademische Lehrtätigkeit zu einer fortlaufenden Kette von Siegen machen konnte, so ist es in erster Linie die fesselnde Kraft seines Vortrags. Eine genaue Disposition der Vorlesung im ganzen sicherte die erschöpfende Behandlung des Gegenstandes. Der Vortrag der einzelnen Stunde ist ohne jedes rednerische Beiwerk von einer Sicherheit, Klarheit und Schönheit, die vielleicht mancher bei mathematischen Lehrgegenständen nicht für möglich halten möchte. Dabei hat *Klein* sich in den Themen seiner Vorlesungen nur sehr selten wiederholt. Wenn er aber zu einem schon einmal behandelten Gegenstande zurückkehrte, so geschah dies meist unter ganz neuen Gesichtspunkten. Ein glücklicher Umstand ist, daß *Klein* von seinen Vorlesungen stets Ausarbeitungen auffertigen ließ, die zum Teil autographisch vervielfältigt sind und auf diese Weise weiteren Kreisen zugänglich wurden. Neben die Vorlesungstätigkeit tritt die Ausbildung der Spezialschüler in den Seminaren und den Einzelbesprechungen. Hierin hat, was die Anregung zur wissenschaftlichen Produktion angeht, von Anfang an der Schwerpunkt von *Kleins* Lehrtätigkeit gelegen. Die Gegenstände haben sich gewöhnlich an *Kleins* eigene Arbeiten angeschlossen, die ihn gerade zurzeit beschäftigten. In der späteren Göttinger Zeit, seit *Klein* die Redaktion des vierten Bandes der Enzyklopädie übernommen hatte, kamen namentlich die Einzelgebiete der Mechanik zur Geltung. Von dem Reichtume und der Vielseitigkeit seiner Ideen und Problemstellungen spendete *Klein* seinen Spezialschülern stets mit vollen Händen. Auch mit den Freunden und gleichstrebenden Forschern steht *Klein* von jeher in persönlichem Austausch der Ideen. Wenn z. B. *Dedekind*, der Niedersachse, nie in seinem Leben eine Vorlesung über sein Lebenswerk, die Idealtheorie, gehalten hat, wenn er in die Tiefen seiner Diskriminantenarbeit durch das „gesprochene“ Wort wohl kaum jemanden eingeführt hat, so offenbart sich uns *Klein* durchaus als Rheinländer. Sein Element ist der persönliche Ideenaustausch durch

das Wort, sein Lebensbedürfnis ist der Unterricht und die Freude an dessen Gelingen.

Die ersten Organisationsbestrebungen *Kleins* bezogen sich auf die Entwicklung des mathematischen Universitätsunterrichtes. Hier waren ihm die technischen Hochschulen, speziell diejenige in Darmstadt mit ihren Einrichtungen für darstellende Geometrie, und das Berliner Gewerbeinstitut mit seinen Bibliothekseinrichtungen anregend. Überhaupt wirkte die straffere Organisation des Unterrichts an den technischen Hochschulen vorbildlich. Anfang Dezember 1872 hielt *Klein* in Erlangen eine Antrittsrede, in der er ein umfangreiches Programm für seine Lehrtätigkeit entwickelte. Die Vorlesungen sollten sich in regelmäßige Elementarvorlesungen und Spezialvorlesungen, die zu selbständigen Arbeiten anleiten sollten, spalten. Zu den Elementarvorlesungen rechnete *Klein* schon damals die darstellende Geometrie, die zugleich mit Übungen im Zeichnen ausgestattet werden sollte. Neben die Spezialvorlesungen tritt entsprechend die seminaristische Ausbildung. Von der Forderung, daß die Lehramtskandidaten durch die Spezialvorlesungen bis zur Selbständigkeit in der Ausführung eigener Untersuchungen geführt werden sollten, ist *Klein* übrigens späterhin zurückgekommen.

Der angewandten Mathematik trat *Klein* während seiner Professur an der Münchener technischen Hochschule noch nicht so nahe, als man nach seiner späteren Göttinger Tätigkeit in dieser Richtung vielleicht erwarten sollte. Er richtete sein Augenmerk nur erst auf die darstellende Geometrie, die graphische Statik und die Kinetik, die er auch für den Unterricht der Lehramtskandidaten heranzog.

In den Grenzen der Erlanger und Münchener Pläne halten sich auch die Lehrpläne und Neueinrichtungen, die *Klein* als Professor der Geometrie an der Universität Leipzig schuf. Dank dem Entgegenkommen der sächsischen Unterrichtsverwaltung konnte *Klein* hier die Einrichtungen ganz seinen Ideen entsprechend verwirklichen. Es wurden ausreichende und geeignete Räume zur Verfügung gestellt, in denen Modell-sammlungen und Zeichensäle für darstellende Geometrie Platz fanden. Für den Seminarbetrieb wurde durch Anlage einer größeren Handbibliothek, sowie durch Einrichtung von Lese- und Arbeitszimmern gesorgt. Späterhin wurde sogar ein besonderes Institut für das Seminar eingerichtet.

In den ersten Göttinger Jahren halten sich die organisatorischen Bestrebungen *Kleins* in denselben Grenzen wie in Leipzig. Eine neue Wendung aber trat mit dem Jahre 1892 ein; etwa seit diesem Jahre datiert die große Entwicklung, welche die Göttinger Universität unter *Kleins* Führung in den Lehrinrichtungen und Lehrplänen für Mathematik und Physik gefunden hat.

Es war als ein besonderes Glück anzusehen, daß *Klein* in dem Ministerialdirektor *F. Althoff* einen Mann fand, der nicht nur vollstes Verständnis für seine organisatorischen Ideen hatte, sondern der zugleich als ein Verwaltungsbeamter allerersten Ranges die Kraft der Durchführung besaß, ja der selbst immer wieder vorwärts trieb.

Wenn übrigens nun weiterhin die glänzende Entwicklung vornehmlich der angewandten Mathematik in Göttingen auf *Kleins* Initiative zurückgeführt wird, so darf nicht übersehen werden, daß *Klein* wie bisher auch für die reine Mathematik in Göttingen in wirksamster Weise Sorge trug. Um in dieser Hinsicht nur auf eines aufmerksam zu machen, so sei bemerkt, daß die Gewinnung *Hilberts* für Göttingen mit allen ihren wichtigen Folgen dem energischen Eintreten *Kleins* für *Hilbert* zu danken ist.

Die organisatorische Tätigkeit *Kleins* erstreckte sich nun insbesondere nach zwei Richtungen hin; sie betraf einmal die Ausgestaltung der Göttinger Universitätseinrichtungen für angewandte Mathematik, sodann die Organisation des mathematischen Unterrichtes in seinem gesamten Umfange. Aber es sind dies nur die Hauptzweige seiner leitenden und organisatorischen Tätigkeit. *Klein* ist in seiner zweiten Göttinger Periode von einer geradezu staunenswerten Vielseitigkeit und Leistungsfähigkeit. Die Neuorganisation der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften Anfang der neunziger Jahre entsprach seinen Ideen; er war wesentlich beteiligt am Zustandekommen des Kartells der deutschen Akademien und der entsprechenden weiteren internationalen Vereinigung. *Klein* ist von jeher die eigentliche Seele des großen Unternehmens der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, er nahm nach *Scherings* Tode die Herausgabe des Gaußschen Nachlasses in seine erfahrene Hand. Auch hatte er schon seit 1902 an der Disposition des großen, von *Hinneberg* redigierten Monumentalwerkes „Kultur der Gegenwart“ mitgearbeitet und hat später (1908) zusammen mit *W. v. Dyck* die Initiative ergriffen, daß die mathematisch-naturwissenschaftlichen sowie die technischen Disziplinen neben den historisch-philologischen in diesem Werke volle Berücksichtigung fanden. Eine längere Reihe von Jahren hindurch vertrat *Klein* überdies die Göttinger Universität im Preußischen Herrenhause. Und das alles ging einher neben seiner engeren amtlichen Tätigkeit und der Redaktion der mathematischen Annalen, in die *Klein* seit *Clebsch*' Tode eingetreten war.

Die Wirksamkeit *Kleins* für die Neuorganisation des mathematischen Unterrichtes machte sich zunächst an der Universität Göttingen selbst geltend. Der jeweilige Vorlesungsplan wurde fortan in einer gemeinsamen Sitzung der mathematischen, physikalischen und astronomischen Professoren und Dozenten besprochen. Für die Studierenden wurden Ratschläge und Erläuterungen herausgegeben, die seither in zahlreichen,

immer neu bearbeiteten Auflagen erschienen sind. Bei der Weiterentwicklung trat *Klein* sodann dem mathematischen Unterricht an den auf Universität und technische Hochschule vorbereitenden höheren Schulen nahe. Im März 1894 besuchte er zu seiner Instruktion eine Anzahl höherer Schulen der Stadt Hannover. Im Jahre 1895 hielt der neugegründete „Verein zur Förderung des Unterrichtes in Mathematik und Naturwissenschaften“ auf Einladung *Kleins* seine Jahresversammlung in Göttingen ab, von ihm mit einer Festschrift begrüßt. Die seit 1892 regelmäßig jedes zweite Jahr in Göttingen abgehaltenen naturwissenschaftlichen Ferienkurse für Oberlehrer umfaßten nach dem ursprünglichen Regierungsprogramm die Mathematik nicht mit. *Klein* sorgte dafür, daß auch die Mathematik zur Geltung kam, und nahm sich aufs wirksamste dieser ganzen segensreichen Einrichtung an. Im Jahre 1900 veröffentlichte *Klein* zusammen mit dem Professor der Physik *E. Riecke* unter dem Titel „Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen“ die im damaligen Oberlehrerkurse gehaltenen Vorträge. Eine entsprechende Veröffentlichung folgte 1904 unter dem Titel „Neue Beiträge zur Frage des mathematischen und physikalischen Unterrichts an den höheren Schulen“.

Nach und nach hatte die von *Klein* eingeleitete Agitation zur Neuorganisation des mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen weitere und weitere Kreise ergriffen. So konnte 1904 zur ferneren Durchführung der Arbeiten und Aufstellung von Reformvorschlägen von der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte eine besondere „Unterrichtskommission“ eingesetzt werden, an der *Klein* lebhaft mitarbeitete. Im Jahre 1908 folgte die Bildung der „Internationalen mathematischen Unterrichtskommission“, deren Vorsitz *Klein* übernahm. In verhältnismäßig kurzer Zeit gelang es *Klein*, ein geradezu monumentales Werk entstehen zu lassen, nämlich die „Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland, veranlaßt durch die internationale mathematische Unterrichtskommission“. Bei der Herausgabe dieses Werkes, das seit einigen Jahren vollendet vorliegt, stand *Klein* ein ganzer Stab hervorragender Mitarbeiter zur Seite. Das Werk war eigentlich auf fünf Bände veranschlagt, doch füllen die Abhandlungen neun stattliche Bände. Sie betreffen den mathematischen Unterricht an allen Schulgattungen und Lehrinstituten Deutschlands und werden für lange hinaus die sichere Grundlage bei der Behandlung aller einschlägigen Fragen bilden.

Ganz besonders glänzend und umfangreich erscheinen die Erfolge, die *Klein* mit der Entwicklung und Organisation der Göttinger Institute hat erzielen können. Die Stellung der angewandten Mathematik als eines mit der reinen Mathematik gleichberechtigten Faches und die Einrichtung

der erforderlichen Lehrinstitute zunächst für Göttingen sind wesentlich *Kleins* Werk. Wie er dem Auseinanderklaffen der Universitätsmathematik und der Mathematik an den höheren Schulen kräftig entgegenarbeitete, so wollte er auch die „angewandte Mathematik“, die in der darstellenden Geometrie, der Geodäsie und der technischen Mechanik ihren eigentlichen Sitz an der technischen Hochschule hat, mit der bisherigen Universitätsmathematik vereint wissen. Hatte *Klein* doch sogar einmal eine Denkschrift über die Vereinigung der technischen Hochschule in Hannover mit der Universität Göttingen ausgearbeitet. Vorbildlich und anregend in dieser Hinsicht waren für *Klein* die amerikanischen Verhältnisse, die er bei wiederholten Reisen nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika kennen gelernt hatte. Indessen sind bei uns in Deutschland die technischen Hochschulen viel zu weit entwickelt und viel zu sehr als selbständige Lehrinstitute ebenbürtig neben die Universitäten getreten, als daß sie noch jetzt als „technische Fakultäten“ den Universitäten angegliedert werden könnten.

Bei dieser Sachlage war es *Kleins* Ziel, besondere Lehr- und Forschungsinstitute für angewandte Mathematik und Physik in Göttingen zu schaffen. Es wurden Einrichtungen für den Unterricht in der Geodäsie getroffen, es entstand ein maschinentechnisches Institut für angewandte Mechanik, ein Institut für angewandte Elektrizitätslehre, in dem die Elektrotechnik in die Universität einzog. Es entwickelte sich überhaupt eine Zeit reicher Institutsgründungen und -erneuerungen für Göttingen. *Klein* hatte in Amerika die glänzenden Ergebnisse der Opferwilligkeit des Privatkapitals für wissenschaftliche Zwecke kennen und schätzen gelernt. *Kleins* Initiative ist es wesentlich zu danken, daß wir in der „Göttinger Vereinigung“ seit 1897 in Deutschland eine Gründung besitzen, in der sich die Spitzen unserer Industrie mit Hochschullehrern zusammengefunden haben, um mit den reichsten Mitteln den Unterricht und die Forschung in der angewandten Mathematik und Physik zu fördern. Schon auf mehr als 20 Jahre einer segensreichen Tätigkeit blickt die „Göttinger Vereinigung“ unter der Führung v. *Böttingers* und *Kleins* zurück. Ihr neuester Plan ist ein umfassender Neubau eines mathematischen Instituts, der bereits letzten Sommer völlig gesichert erschien, und dessen Ausführung durch die Ungunst der Gegenwart hoffentlich nicht zu lange zurückgehalten wird.

Wer das mathematische Göttingen der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts gekannt hat und mit dem von heute vergleicht, wird erstaunen über die Summe erfolgreicher Schöpferarbeit, die hier getan ist, wird ermessen, in welchem Maße die Universität ihrem *Felix Klein* zu Danke verpflichtet ist. Er

ist es gewesen, der die große Tradition von *Gauß*, die Mathematik überall da, wo sie hingehört, zu Geltung und Wirksamkeit zu bringen, erkannt hat, der es vermocht hat, seine Ideen in den verzweigten Verhältnissen der Gegenwart zu lebendiger Wirklichkeit auszugestalten.

Felix Klein als junger Doktor.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. phil. Dr.-ing. A. Voß, München.

An der Universität Göttingen hatten nacheinander von 1807—1866 die drei großen Mathematiker *C. F. Gauß*, *P. G. Lejeune-Dirichlet* und *B. Riemann* gewirkt. Der erste widmete sich freilich, durch seine eigenen Untersuchungen und den wissenschaftlichen Verkehr mit seinen Freunden, wie z. B. *F. Bessel* und *H. C. Schumacher*, beschäftigt, nur selten dem eigentlichen Unterricht von Schülern. Als aber *Dirichlet* 1855 an seine Stelle trat, begann er sogleich aus seinem eigensten Arbeitsgebiet mit den epochemachenden Vorträgen über Zahlentheorie und Potentialtheorie in Verbindung mit der Lehre von den partiellen Differentialgleichungen, und *Riemann* setzte seit 1859 nicht allein diese Vorlesungen aus der mathematischen Physik fort, sondern legte schon 1861/62 bei der Behandlung der elliptischen Funktionen seine neuen Gedanken über die Theorie der Funktionen einer komplexen Variablen, den Zusammenhang der Flächen und das Abelsche Theorem zugrunde.

Einen großen Verlust aber erleidet die Universität schon bald darauf durch *Riemanns* schwere Erkrankung, welche ihn nötigte, seinen Aufenthalt im Süden zu nehmen, und seinen frühzeitigen Tod 1866, um so mehr, als seine Stelle vorderhand keine Besetzung fand.

An mathematischen Dozenten fehlte es freilich in Göttingen auch jetzt nicht. Hofrat *Ulrich*, ständiger Examiner für das Lehramt in der Mathematik und Physik, vertrat neben der „praktischen Geometrie“ und Mechanik auch die Analysis und Geometrie nach den älteren Methoden. Auch *M. A. Stern*, ausgezeichnet durch die Klarheit seiner Vorträge, deren sich noch manche seiner Schüler dankbar erinnern werden, ging doch nur selten über die Zeit von *J. B. Fourier* hinaus. *E. Schering*, mit der Herausgabe von *Gauß'* Werken im Auftrage der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften beschäftigt, fand für Vorlesungen nur wenig Zeit übrig. *A. Enneper*, von vielseitigen Kenntnissen in der neuern französischen und italienischen Literatur, die er mit großer Sorgfalt in seinen Vorlesungen zu verwenden wußte, gelang es trotzdem nur, eine kleine Zahl von Hörern an sich zu fesseln. Der Physiker *J. B. Listing* behandelte zwar gelegentlich im mathematischen Seminar seine Untersuchungen über den „Census räumlicher Komplexe“ und Fragen aus der Optik, aber das Übermaß seiner geistreichen Terminologie war nicht immer geeignet, wirkliche Einsicht zu fördern. Da auch

die Tätigkeit der Privatdozenten an diesen allgemeinen Zuständen nichts Wesentliches ändern konnte, fehlte es trotz der großen Zahl der Lehrer an einer Persönlichkeit, welche die Studierenden in solche Ideen eingeführt hätte, von denen damals die Wissenschaft erfüllt war.

Das änderte sich nun mit einem Schlage, als zum Winter 1868 *A. Clebsch* von Gießen nach Göttingen berufen wurde. Die schöne Form seines Vortrages, die Freude, die dieser unvergleichliche Lehrer selbst zu empfinden schien, wenn er die Gedanken, die ihn und seine wissenschaftlichen Freunde, wie *A. Cayley*, *C. Jordan*, *L. Cremona* gerade in jener Zeit lebhaft beschäftigten, vor seinen Hörern entwickelte, die Eleganz, mit der er in dieser ersten in Göttingen gehaltenen Vorlesung über Geometrie des Raumes alle neuern Hilfsmittel, von den homogenen Koordinaten und dem Prinzip der Dualität bis zur Theorie der Abbildung der algebraischen Flächen in Verbindung mit dem Abelschen Theorem, und endlich die Neue Geometrie des Raumes von *J. Plücker* behandelte, mußten seine Schüler in eine ganz neue Welt einführen, in die lebhafteste Verbindung mit der Gegenwart versetzen und zum Studium ihrer Literatur anregen.

Unter diesen befand sich auch der damals noch nicht zwanzigjährige *Felix Klein* aus Düsseldorf. Mit Staunen vernahm man, daß dieser junge Mann, dessen lebenswürdige Persönlichkeit über die Jahre hinaus gereift und originell erschien, in der Vorlesung von *Clebsch* als Autorität in dieser Neuen Geometrie des Raumes bezeichnet wurde, mit der *Plücker* in seinen letzten Lebensjahren die Wissenschaft bereichert hatte.

Plücker war es ja, der das Prinzip der Dualität, das *V. Poncelet* auf die Polarentheorie der Gebilde zweiter Ordnung (aber mit gleichzeitiger Ausdehnung auf metrische Fragen) begründet hatte, während *J. Gergonne* in seinen *Annales* (Band 15—18) es als ein philosophisches aus der Erfahrung abstrahiertes Axiom anzusehen geneigt war, durch seine Punkt- und Geradenkoordinaten in der Ebene, respektive der Punkt- und Ebenenkoordinaten im Raum als ganz unabhängig von der Polarentheorie durch die Lehre von der Inzidenz erwies, und in der völligen Symmetrie des linearen Gebildes in bezug auf die Punkt- und Ebenenkoordinaten $x, y, z; u, v, w$ die Möglichkeit erkannte, jede lediglich durch Doppelverhältnisse charakterisierte Inzidenz in doppeltem Sinne nach dem Muster der „*Colonnes doubles*“ von *Gergonne* zu deuten.

Abcr schon 1864, im System der Geometrie des Raumes, Düsseldorf 1846, § 258, machte er die denkwürdige Bemerkung, daß im Raume neben Punkt und Ebene die Gerade ein in sich selbst duales Gebilde sei, das zu seiner analytischen Darstellung vier voneinander unabhängige Koordinaten erfordere, womit sich zugleich die analytische Behandlung von Räumen noch höherer Dimension eröffnete. Erst nach fast zwanzig

Jahren kam er, inzwischen durch physikalische Arbeiten beschäftigt, auf diesen Gedanken zurück und veröffentlichte in den *Proceedings of the Mathematical Society of London* und den *Philosophical Transactions of London* von 1865 und 66 in zwei „Fragmenten“ seine neuen Ideen über die Komplexe, Kongruenzen und Geradenkonfigurationen, „to show their importance, greater perhaps than it appears at first sight“. Im Jahre 1865 hatte Plücker den damals kaum sechzehnjährigen Felix Klein zum Assistenten für seine Vorlesungen gewählt, und im fortwährenden Verkehr mit diesem entstand nun ein umfangreiches Werk, die „*Neue Geometrie des Raumes, gegründet auf die gerade Linie als Raumelement*“, dessen erster Teil schon in den Druckbogen fertiggestellt war, als Plücker im Mai 1868 starb. Clebsch in Gießen übernahm die Herausgabe desselben und hob dabei hervor, daß F. Klein, der sich Geist und Methode der neuen Forschung zu eigen gemacht habe, damit beschäftigt sei, den zweiten Teil des Werkes von Plücker in dessen Sinne zu ergänzen, soweit es erforderlich sei. Kurz nach Plückers erster Publikation von 1865 hatte der italienische Mathematiker G. Battaglini die Theorie der durch eine, zwei oder drei algebraische Gleichungen ersten und zweiten Grades zwischen den Koordinaten der Geraden definierten Gebilde mit etwas moderneren Hilfsmitteln behandelt, als sie dem Physiker Plücker im Alter geeignet erscheinen mochten; auch war schon die Dissertation von J. Lüroth, der sich 1866 in Heidelberg habilitiert hatte, durch Clebsch angeregt, die namentlich das durch die Anzahl der überall endlichen Abelschen Integrale gegebene Geschlecht einer Regelfläche bei dieser neuen Begriffsbildung bestimmte.

Da erkannte nun Klein sofort die Wichtigkeit der allgemeinen linearen Transformation der Linienkoordinaten für alle mit ihnen zusammenhängenden Fragen, von der Battaglini keinen Gebrauch gemacht hatte, und die Möglichkeit, an Stelle der Plückerschen Koordinaten p_{ik} , zwischen denen die Identität

$$p_{12}p_{34} + p_{13}p_{42} + p_{14}p_{23} = 0$$

besteht, seine sechs Koordinaten

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$$

als lineare Funktionen der p_{ik} einzuführen, zwischen denen die Identität

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 + x_6^2 = 0$$

besteht, und die Theorie der Komplexe zweiten Grades mit Hilfe der kanonischen Transformation der allgemeinen Gleichung zweiten Grades in bezug auf das System dieser sechs Fundamental-komplexe $x_i = 0$ darzulegen. Dabei war von wesentlicher Bedeutung die neueste Arbeit von K. Weierstraß in den Monatsberichten der Berliner Akademie von 1868, welche dem allgemeinen Verständnis wohl manche Schwierigkeiten damals bereiten mochte. So gelang es ihm, die kanonischen Formen aller Komplexe zweiten Grades nach den Elementarteilern der charakteristischen Determinante geordnet im Weierstraßschen Sinne

zu ermitteln, und eine der bei seiner Promotion an der Universität Bonn am 12. Dezember 1868 verteidigten Thesen lautete, daß der von Battaglini für allgemein gehaltene Komplex zweiten Grades bereits in zweifachem Sinne spezialisiert sei.

Durch eine scharfsinnige Kombinatorik der Fundamentalkomplexe und ihrer Lagenbeziehungen untereinander erkannte er zugleich die bereits von Plücker gefundene Singularitätenfläche des allgemeinen Komplexes zweiten Grades fast ohne alle Rechnung, die als in sich selbst duales Gebilde vierter Ordnung und Klasse mit sechzehn Doppelleben und Doppelpunkten schon 1864 in E. Kummers Arbeiten aufgetreten war und nun fortan als Kummersche Fläche bezeichnet wurde.

Es hätte für Klein sehr nahe gelegen, in diesem Sinne die Plückerschen Manuskripte umzugestalten. Aber mit der größten Pietät hat er die Methoden seines Lehrers in der schon im Sommer 1869 erfolgten Herausgabe des zweiten Teils der „*Neuen Geometrie*“ beibehalten, über die er eigentlich schon weit hinaus war.

Im Sommer 1869 hörte er bei Clebsch die Vorlesungen über die Invarianten der binären Formen und Optik nach den Untersuchungen von Cauchy in dessen *Exercices de physique et de mathématiques*. Unter den Teilnehmern an denselben befand sich auch M. Nöther, der schon in Gießen als Schüler von Clebsch den Grund zu seinen eigenen ausgezeichneten algebraischen Untersuchungen gelegt hatte. Beide traten von da ab in regen wissenschaftlichen Verkehr, der alsbald zu einem lebhaften Briefwechsel führte, als Nöther wieder Göttingen verließ, um sich zur Habilitation in Heidelberg vorzubereiten. Welche Fortschritte indes Klein schon sehr bald im Gebiet der Liniengeometrie gemacht hatte, geht namentlich aus seiner Arbeit „Zur Theorie der Komplexe ersten und zweiten Grades“ hervor, die bereits im Juni 1869 in den „Göttinger Nachrichten von der k. Gesellschaft der Wissenschaften“ erschien. Hier tritt zum ersten Male der Begriff der simultanen Invariante zweier linearen Komplexe, deren Verschwinden die involutorische Lage derselben anzeigt, und die Beziehung der nämlichen Kummerschen singulären Fläche zu der ∞^1 Anzahl von Komplexen zweiten Grades hervor, deren analytischer Ausdruck in Analogie zu den konfokalen Systemen von Flächen zweiten Grades gebildet ist, sowie der Hinweis auf eine algebraisch lösbare Gleichung sechsten Grades: ein erster Schritt zu Kleins späteren bahnbrechenden Untersuchungen über die Lösung algebraischer Gleichungen.

Zum Winter 1869/70 ging Klein nach Berlin, wo er auch mit O. Stolz, dem späteren Innsbrucker Professor, der bereits in Wien habilitiert war, zusammentraf. Aber von noch größerer Bedeutung wurde für ihn die Bekanntschaft mit Sophus Lie aus Kristiania. Beide gehörten als besonders tätige Mitglieder dem von E. Kummer geleiteten mathematischen Seminare an, in dem für dieses

Semester die Theorie der Strahlensysteme als Thema gestellt war. Außerdem hörte er bei *L. Kronecker* Theorie der quadratischen Formen und arbeitete sich in die Zahlentheorie ein, die er selbst später eingehend in Vorlesungen behandelte. Auch mit *K. Weierstraß* kam er in Beziehung, doch handelte es sich hier vorwiegend um algebraische Fragen, über die er mit *Nöther* korrespondierte.

Von besonderer Wichtigkeit aber ist es, daß er schon im Seminar bei *Weierstraß* ein Referat über *A. Cayleys* projektive Maßbestimmung in bezug auf ein „absolutes“ Gebilde zweiten Grades von 1859 hielt, denn hieran knüpften sich bald seine tiefen Gedanken über *Nichteuklidische Geometrie*.

Im Frühjahr 1870 verließ *Klein* Berlin, um in *Paris* mit seinem Freunde *Lie* wieder zusammenzutreffen. Als Frucht ihrer gemeinsamen Berliner Studien war bereits die Arbeit „Sur une certaine famille de courbes et de surfaces“ entstanden, welche durch *M. Chasles* der Pariser Akademie zur Aufnahme in die *Comptes Rendus* vorgelegt wurde. Erst 1870/71 ist ein Teil des reichen Materials, das in derselben enthalten ist, im Band II der *Mathematischen Annalen* erschienen.

Zugrunde liegt dort ein damals ganz neuer Gedanke, nämlich die Untersuchung aller geometrischen Gebilde *A*, die durch Transformationen *T* in sich übergehen, bei denen also alle Gebilde *B*, die mit *A* in einer durch die Transformationen *T* unverstörbaren Beziehung stehen, diese letztere beständig bewahren. Diese Auffassung, die *Lie* später in seinen großen Arbeiten über kontinuierliche Transformationsgruppen, *Klein* aber namentlich in bezug auf diskrete Transformationen verwandte, wurde hier zur Untersuchung derjenigen „ebenen Kurven *W*“ benutzt, welche durch ∞^1 lineare, mithin vertauschbare *T*, die ein „geschlossenes“ System, d. h. eine Gruppe bilden, in sich übergehen. Es gelang das in einfachster Weise durch die Normalformen der fünf Klassen von Kollineationen, welche der Beschaffenheit der bei diesen letzteren fest bleibenden Punkte resp. Geraden entsprechen, die in geeigneter Weise ins Unendliche verlegt wurden. So ergibt sich anschaulich nicht allein die Gesamtheit der Gleichungen der Kurven *W*, sondern zugleich eine große Zahl merkwürdiger Eigenschaften derselben, zu denen schließlich der wohl *Lie* angehörende Satz hinzutritt, daß jede Differentialgleichung erster Ordnung, welche ∞^1 bekannte (nicht triviale) Transformationen in sich zuläßt, durch Quadratur integrierbar ist.

Die Redaktion dieser Arbeit stammt von *Klein*. Wenn dabei fast stärker die Ideen von *Lie* hervortreten, so beruht das wohl auf der Gewissenhaftigkeit, mit der er den Anteil seines Freundes an derselben bezeichnen wollte.

Daneben tritt aber auch schon die an das „*Erlanger Programm*“ von 1872 anklingende Forde-

rung auf: „Es sind die Eigenschaften solcher geometrischen Gebilde zu entwickeln, die aus einem willkürlich gewählten durch Gruppen von unendlich vielen unter sich vertauschbaren linearen Transformationen hervorgehen.“

Im Besitze dieser Gesichtspunkte waren *Klein* und *Lie* indessen schon in weit größerem Umfange im Winter 1869/70. Denn die Arbeit in den *Comptes Rendus* von 1870, S. 1222 und 1275, bezieht sich auf die Ausdehnung derselben auf den Raum, d. h. auf „Systeme von Kurven *V*“, welche durch eine unendliche Zahl linearer Transformationen in sich übergehen. Insbesondere wird, da unter solchen Transformationen sich jedenfalls auch eine bestimmte unendlich kleine befindet, bei der aus dieser entspringenden Gruppe vertauschbarer Transformationen jedesmal ein eigentliches oder uneigentliches Tetraeder fest bleiben. Und nun richtete sich die weitere Untersuchung auf die Flächen *V*, die durch Kurven *V* erzeugt werden. So ergibt sich eine große Anzahl von auf ein allgemeines Theorem zurückgeführten Sätzen, deren Inhalt immer noch lange nicht erschöpft sein dürfte.

Für *Klein* stand es nun fest, sich noch im Winter in Göttingen zu habilitieren. Zuvor aber wollte er nach England, vielleicht auch nach Italien gehen, wohl um dort *A. Cayley* und *E. Beltrami* zu sprechen, deren Arbeiten zu seinen Nichteuklidischen Ideen in so naher Beziehung standen.

Der Krieg zwischen Deutschland und Frankreich aber vereitelte diesen Plan. *Klein*, für den Felddienst nicht geeignet befunden, meldete sich freiwillig zum Sanitätsdienst im Heere und war in dieser Eigenschaft auch an den auf die großen Kämpfe bei Metz und Sedan folgenden Tagen tätig. Erkrankt mußte er dann nach seiner Heimat zurückkehren, doch hatte er Mitte November die frühere Gesundheit wiedererlangt. *Lie* war zunächst noch in *Paris* geblieben, wurde aber dort verhaftet, weil man in seiner Korrespondenz mit *Klein* in dem häufig wiederkehrenden Worte „Komplex“ eine Chiffre für Spionage vermutete; erst die Aussage des ihm befreundeten Mathematikers *G. Darboux* klärte das Mißverständnis auf und befreite ihn aus der Haft.

Im Laufe des Winters 1870/71 erweiterten sich *Kleins* Ideen über Nichteuklidische Geometrie, wie aus seinen Briefen an *Nöther* vom 17. Dezember 1870, dann vom 12. März 1871, hervorgeht, immer mehr. Als Grundhypothese erscheint ihm zunächst noch die projektive Eigenschaft des Raumes, für den nach *Euklid* der imaginäre Kreis als „Absolutes Gebilde“ im Sinne von *Cayleys* Untersuchungen, die sich indessen nur auf die Ebene bezogen, auftritt, dann aber führt ihn das Studium der Arbeiten *Chr. von Staudts* zu der Ansicht, daß die projektive Geometrie in Wirklichkeit unabhängig vom Parallelenaxiom sei und letzteres nur scheinbar bei *von Staudt* vorausgesetzt werde. Diese wichtige

Bemerkung (man vergleiche übrigens die Note in den Göttinger Nachrichten von 1872, „Über einen Satz der Analysis situs“) wird nun zum Fundament seiner grundlegenden Untersuchungen über *Nicht-Euklidische Geometrie*. Und aus *Beltramis* Satz, daß nur in Räumen von konstantem Krümmungsmaß die geodätischen Linien durch lineare Gleichungen sich darstellen lassen, erkennt er bereits, daß die Vierseitskonstruktion von *G. Desargues* nicht in der Ebene bewiesen werden kann, sondern den *Raum* notwendig voraussetzen muß. Er überzeugt sich auch schon davon, daß von den von *H. Helmholtz* in den Göttinger Nachrichten 1868. „Über die Tatsachen, welche der Geometrie zugrunde liegen“, aufgestellten Axiomen jedenfalls eines, das Monodromieaxiom überflüssig sei (man vergleiche namentlich die ausgedehnten Untersuchungen von *Lie* in dessen Theorie der Transformationsgruppen, Band III, S. 438 ff., 1893). Und aus derselben Zeit stammt auch schon die Einsicht, daß die elliptische Geometrie, als deren Abbild man die Geometrie auf der Kugel ansah, obwohl hier die von einem Punkte ausgehenden „geradesten“ Linien sich in dem Gegenpunkte wieder treffen, ihr adäquates Abbild durch das *Strahlenbündel* findet. Doch muß die genauere Betrachtung aller dieser Dinge einer anderen Darstellung vorbehalten bleiben, während es hier darauf ankam, hervorzuheben, wie frühe schon dieselben den jungen Doktor *Klein* beschäftigt haben.

Im Winter 1870 entstand aber noch eine weitere gemeinsame Arbeit mit *Lie*; es ist die über die *Haupttangentenkurven der Kummer'schen Fläche*. *Lie* hatte sie zunächst als algebraische Kurven 16. Ordnung gefunden, während *Klein* in den Beziehungen dieser Fläche zu dem System der konfokalen Komplexe zweiten Grades die Möglichkeit erkannte, *alle ihre Singularitäten und charakteristischen Zahlen* im Sinne von *Cayleys* Erweiterung der *Plückerschen* Formeln für ebene Kurven auf den Raum, sowie die Existenz von sechs ausgezeichneten Haupttangentenkurven 8. Ordnung und Klasse zu erkennen, eine Arbeit, die noch im Dezember 1870 in den Monatsberichten der Berliner Akademie erschien. Und die zierlichen Arabesken, welche diese Kurven innerhalb der Systeme der parabolischen Kurven der Fläche bilden, wurden von ihm später als Ornament für ein Ballkleid seiner Braut *Anna Hegel*, einer Tochter des bekannten Historikers *K. Hegel*, die er noch in Erlangen als Frau in sein Heim einführte, verwandt.

Klein besaß überhaupt ein durch die lebenswürdigsten Umgangsformen unterstütztes reiches geselliges Talent, das er in Göttingen und Erlangen gern unter den Kollegen verwandte. In Erlangen demonstrierte er sogar einmal die für das von ihm dort gegründete mathematische Seminar angeschaffte Thomassche Rechenmaschine, wozu auch die Frauen der Kollegen eingeladen waren. Nicht alle gelangten aber zu gleichem Verständ-

nis, und einer der Herren glaubte sogar aus dem Vortrage den Schluß ziehen zu können, daß Mathematik überhaupt keine Wissenschaft sei, da sie auch mittels einer Maschine hervorgebracht werden könne.

Man würde aber eine unrichtige Vorstellung von dem jungen Professor gewinnen, wenn man ihn in Rücksicht auf seine originelle, in alle Formen der täglichen Erlebnisse hineinragende mathematische Ideenbildung ausschließlich mit rein mathematischen Gedanken beschäftigt ansehen wollte. Wirkte dem schon entgegen seine physikalische Schulung als Assistent *Plückers*, so war er selbst auch in Erlangen eifrig bemüht, gegen die Übermacht des mathematischen Denkens ein Gegengewicht zu finden. So arbeitete er anatomisch unter dem Zoologen *E. Selenka*, und mit dem befreundeten Botaniker *M. Reeb* bot das Studium der niedersten pflanzlichen Organismen ein vielseitiges Interesse.

Noch im Januar 1871 habilitierte sich *Klein* in Göttingen. „Ich hatte außerordentliches Glück bei der Habilitation“, schrieb er unmittelbar danach an *Nöther*. Von der Vorlage einer besonderen Habilitationsschrift sah die Fakultät angesichts seiner hervorragenden Arbeiten ab, und der ganze Akt, bei dem er Modelle von Komplexflächen als Thema einer Probevorlesung zu besprechen hatte, klang in die warme Anerkennung aus, die *Clebsch* dem jungen, so viel versprechenden Dozenten zollte. Noch in den Wintermonaten hielt er mit einigen Studierenden geometrische Übungen ab, für den Sommer hatte er neben einem zweistündigen Publikum über Komplexe eine vierstündige Vorlesung über theoretische Optik angezeigt in der Absicht, dieselbe nicht in ausschließlich abstrakt mathematischem Sinne, sondern mit fortwährender Beziehung auf die wirklichen Erscheinungen zu halten. An derselben nahmen neun Hörer teil; unter den damaligen Frequenzverhältnissen eine sehr befriedigende Anzahl¹⁾.

Das Jahr 1871 ist nun merkwürdig durch die große Zahl von Arbeiten *Kleins*, von denen fast jede bedeutungsvoll für seine spätere Entwicklung geworden ist. Die Note in den Göttinger Nachrichten vom August „Über die sogenannte Nicht-Euklidische Geometrie“ betont zunächst, daß es sich nicht um die philosophischen Spekulationen handelt, welche zum Teil zu den Arbeiten von *Gauß*, *Lobatscheffskij*, *Bolyai* und insbesondere zu den Betrachtungen von *Riemann* und *Helmholtz* hingeleitet haben, sondern will die mathematischen Resultate, insoweit sie sich auf die Parallelentheorie beziehen, einem allgemeineren Verständnis durch den Nachweis deutlich machen.

¹⁾ Die Zahl der Hörer war in den sechziger Jahren bei mathematischen Vorlesungen immer nur gering; einzelne Dozenten haben gelegentlich vor 1—2 Hörern vorgetragen. Zu der Vorlesung von *Clebsch* über Abel'sche Funktionen (Winter 1872) fanden sich dagegen fast 70 ein.

daß die projektive Maßbestimmung, welche Cayley 1859 im sixth memoir upon quantics (Phil. Transact. 149) in bezug auf eine Fundamentalkurve zweiter Ordnung in der Ebene konstruierte, bei geeigneter Ersetzung durch eine *Fundamentalfäche* zweiter Ordnung je nach der Natur derselben nicht nur ein *Bild* oder eine *rein mathematische Transformation* der verschiedenen Parallelen theorien ist, sondern das *innere Wesen derselben aufdeckt*. Indem Klein die Unterscheidung der Unendlichkeit des Raumes von seiner Unbegrenztheit nach Riemann sich zu eigen macht, erhält er mittels der *Verallgemeinerung der Cayleyschen Untersuchung für den Raum* und eines *prinzipiellen Maßbegriffes* die drei Geometrien, welche hinfür als *elliptische, hyperbolische und parabolische* in der Wissenschaft auftreten, und die nicht nur, wie bei Cayley, mathematische Interpretationen der Euklidischen Geometrie sind, sondern unabhängig davon ihr eigenes selbständiges Wesen darlegen.

Neben diesen Gedanken, deren prinzipielle Gestalt hier wohl noch einmal historisch hervorgehoben werden durfte, beschäftigten ihn gleichzeitig noch viele andere. Die an C. Jordans traité des substitutions anknüpfende Arbeit „Über eine geometrische Repräsentation der Resolventen algebraischer Gleichungen“ vom Mai 1871 (Math. Annalen IV, S. 346) geht von dem Gedanken der durch kontinuierliche vermittelten diskreten Gruppen aus. Danach deckt sich die Galoissche Theorie der (allgemeinen) Gleichung n^{ten} Grades mit der der Invarianten und Kovarianten von n Elementen im Raum von $n-2$ Dimensionen derart, daß den Vertauschungen der Wurzeln untereinander die linearen Transformationen dieses Raumes entsprechen. Schon dort wird im Anschluß an das Vierseit in der Ebene, das Sylvestersche Pentaëder der Fläche dritter Ordnung, auf die allgemeine Gleichung vierten und fünften Grades hingewiesen und die von C. Jordan behandelte Theorie der Wendepunkte der allgemein ebenen Kurve dritter Ordnung dargelegt. Weit wichtiger aber wird die geometrische Repräsentation der allgemeinen Gleichung sechsten Grades, welche die Wurzeln durch sechs gegenseitig in Involution liegende lineare Komplexe darstellt und zu Resolventen zehnter und fünfzehnter Ordnung führt. So treten hier die Anfänge von Kleins späteren großen Arbeiten über die Gleichungen siebenten Grades bereits im Keime hervor.

Die Göttinger Nachrichten von 1871 (S. 44) greifen nochmals auf die Haupttangentenkurven der Kummerschen Fläche zurück. An die Stelle der früheren geometrischen Überlegung tritt jetzt ein neues Moment, die wirkliche *Integration der Differentialgleichungen dieser Kurven*, die nach Analogie der elliptischen Koordinaten sich ausführen läßt.

Und endlich ist noch der Note vom Juni 1871 (in den Math. Annalen IV) zu gedenken über

den *Zusammenhang der Mechanik starrer Körper mit der Liniengeometrie*. Hier wird zunächst die schon von Plücker erkannte Identität des Nullsystems von von Staudt und A. F. Möbius mit dem linearen Komplex hervorgehoben, und der Satz, daß die konjugierten Geraden des Komplexes solche sind, nach denen Kräfte resp. unendlich kleine Rotationen auftreten müssen, wenn sie mit einem gegebenen Kraftsystem resp. einer gegebenen unendlich kleinen Rotation äquivalent sind. Sodann werden nach Plücker die 6 Koordinaten der Geraden den Intensitäten einer Kraft resp. einer unendlich kleinen Rotation proportional gesetzt, womit deren Komponenten und Drehungsmomente bestimmt sind. Und nun setzen sich Kräfte und Rotationen zusammen durch Addition dieser Koordinaten. Genügt ein so entstandenes System von 6 Koordinaten der Plückerschen Identität, so kann es durch eine Einzelkraft resp. durch eine unendlich kleine Rotation ersetzt werden. Der *physikalische Zusammenhang* zwischen Kräften und unendlich kleinen Bewegungen aber wird durch die *Arbeit* bezeichnet, welche das gegebene Kraftsystem bei einer gegebenen unendlich kleinen Bewegung leistet. Ist diese Arbeit Null, so läßt sie sich in *dualistischer Weise* auffassen, denn die homogene lineare Gleichung zwischen den Koordinaten des Kraftsystems stellt dann eine unendlich kleine Rotation vor, und umgekehrt wird durch eine solche Gleichung zwischen den Koordinaten einer unendlich kleinen Bewegung ein Kräftesystem bestimmt, so daß es sich um die *durch den Arbeitsbegriff vermittelte Involution linearer Komplexe handelt*. Diese an und für sich sehr einfachen Bemerkungen sind später im Sinne einer eigentlichen *Dynamik* von R. S. Ball ausgebildet; sie durften hier wohl nicht übergangen werden, da sie die Veranlassung zu F. Lindemanns Dissertation über „Unendlich kleine Bewegungen und Kraftsysteme bei allgemeiner projektiver Maßbestimmung“ gegeben haben.

Für den Winter 1871 hatte Klein als Vorlesung angezeigt: „Über die Wechselwirkung der Naturkräfte und das Gesetz von der Erhaltung der Kraft“, vierstündig (außerdem geometrische Übungen), ein Zeichen, wie seine Interessen immer noch zwischen Physik und Mathematik hin- und hergingen. Außerdem beschäftigten ihn vielfach allgemeine Fragen, so namentlich die *Bildung einer Mathematikervereinigung*, deren Zweck nicht so sehr in akademischen Vorträgen, sondern in der durch den gegenseitigen Verkehr ermöglichten Aussprache über gemeinsame Interessen der Forschung bestehen sollte. Sie kam freilich erst Ostern 1874 in Göttingen zustande. Aber daß es seit der *Naturforscherversammlung zu Heidelberg* 1889 zur Bildung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung kam, die gegenwärtig 770 Mitglieder zählt und eine große wissenschaftliche Tätigkeit entfaltet hat, wird man jedenfalls auch diesen ersten Anregungen Kleins

zu danken haben, die in den „*Bremer Beschlüssen*“ 1890 feste Gestalt gewannen.

Das Jahr 1872 ist wieder durch einen Reichtum an neuen Gedanken ausgezeichnet. Da ist zunächst der für die Liniengeometrie fundamentale Satz (Göttinger Nachrichten März 1872) zu erwähnen, daß jeder Linienkomplex durch eine Gleichung $K=0$ zwischen seinen Plückersehen Linienkoordinaten dargestellt werden kann, weil aus einer Mannigfaltigkeit von $n \geq 4$ Dimensionen, aus der durch eine quadratische Gleichung $P=0$ eine M_{n-1} ausgeschieden ist, jede in der letzteren enthaltene M_{n-2} durch eine weitere Gleichung ausgedrückt werden kann, falls nicht alle fünfzehigen Underdeterminanten von P gleich Null sind. Der Beweis wird durch Abbildung von $P=0$ geführt; überhaupt hat sich *Klein* in jener Zeit viel mit der algebraischen Abbildung von Komplexen beschäftigt. — Auch der Plan zu einem Lehrbuch der Liniengeometrie, der allerdings nie ausgeführt wurde, ist damals schon entworfen. Und in einem Briefe an *Nöther* vom 13. März 1872 berichtet er schon über die fünf Typen der Flächen dritter Ordnung, die er nach ihrem Zusammenhang mit den fünf Klassen von *L. Schläfli* entsprechend findet und zugleich übersichtlich durch Modelle darzustellen wußte. Diese Bemerkungen deuten schon auf die in den *Math. Annalen* VI, 1873, veröffentlichte Arbeit über Flächen dritten Grades hin, in der Überlegungen, die bisher nur für Kurven in der Ebene verwandt waren, im Sinne der Analysis situs benutzt wurden, sowie auf die merkwürdige aus dem Jahre 1876 stammende „*Neue Relation zwischen den Singularitäten einer algebraischen Kurve*“.

Die bereits vom November 1871 datierte Arbeit von *Lie*: „Über Komplexe, insbesondere Linien- und Kugelkomplexe mit Anwendung auf partielle Differentialgleichungen“, welche im lebhaftesten Verkehr mit *Klein* entstanden war und manche Gedanken desselben in sich aufgenommen hat, erschien 1872 im Band V der *Math. Annalen*, S. 145. Sie enthält neben den Grundzügen einer Differentialgeometrie der Liniengebilde insbesondere den merkwürdigen und völlig neuen Zusammenhang zwischen Linien- und Kugelgeometrie, derart, daß den Haupttangentialkurven der ersten Geometrie die Krümmungslinien der zweiten entsprechen. Hieran schloß sich die ebenfalls schon im Oktober 1871 eingereichte Arbeit von *Klein* über Liniengeometrie und metrische Geometrie, die in viel weiterem Umfange, wie z. B. in den gleichzeitigen Untersuchungen von *Darboux* über Orthogonalsysteme in höheren Räumen, den Zusammenhang zwischen der Liniengeometrie und der metrischen Geometrie eines Raumes von vier Dimensionen, resp. der Geometrie des linearen Komplexes und der metrischen Geometrie des gewöhnlichen Raumes begründet.

Hier findet sich zuerst die Auffassung der Liniengeometrie als Geometrie einer quadrati-

schen Mannigfaltigkeit von vier Dimensionen im Raum von fünf Dimensionen. Aber noch mehr. Die metrische Geometrie eines Raumes R_{n-1} von $n-1$ Dimensionen läßt sich als stereographische Projektion der Geometrie auf einer im nächst höheren Raume R_n gelegenen „Fläche“ oder Mannigfaltigkeit zweiten Grades M_{n-1}^2 ansehen, wobei nun im Raume R_{n-1} als Fundamentalgebilde eine $M_{n-3}^{1,2}$, auf der M_{n-1}^2 aber der gewählte Projektionspunkt als solches auftritt. Den linearen Transformationen des R_{n-1} , bei denen das Fundamentalgebilde $M_{n-3}^{1,2}$ ungeändert bleibt, entsprechen dann diejenigen Transformationen des R_n , welche die gegebene „Fläche“ M_{n-1}^2 und ihren Projektionspunkt nicht ändern.

Und nun zeigt sich, wie es möglich wird, die Lehre von den Krümmungslinien und Orthogonalsystemen auf Liniengeometrie zu übertragen, wobei sich zugleich die Bestimmung der Haupttangentialkurven einer großen Zahl von Flächen ergibt.

In dem weiteren Aufsätze „Über gewisse in der Liniengeometrie auftretende Differentialgleichungen“ wird dagegen für Komplexe zweiten Grades mit gemeinsamer singulärer Fläche mit Hilfe der elliptischen Koordinaten *Jacobis* eine ganze Reihe von Integrationsproblemen erledigt. So für den allgemeinen Komplex zweiten Grades die Aufgabe 1. diejenigen Kongruenzen, deren Geraden Haupttangentialkurven ihrer Brennflächen sind, 2. die von den Linien der zwei solchen Komplexen mit derselben singulären Fläche gemeinsamen Kongruenz umhüllten Kurven zu bestimmen, nebst anderen Erweiterungen.

Für den Winter 1872/73 hatte *Klein* beabsichtigt, eine Vorlesung über analytische Geometrie des Raumes zu halten. Da kam der Ruf als ordentlicher Professor der Mathematik nach *Erlangen*, der ihn, der von allen wohl am tiefsten in die Forschungen von *Staudt* eingedrungen war, zu dessen, wenn auch nicht unmittelbarem Nachfolger machte. Aber schon am 7. November erlag *Clebsch* zu allgemeiner Bestürzung einer tückischen Krankheit. Tief erschüttert reiste *Klein* wieder nach Göttingen, und seine Bemühung ging zunächst dahin, dem hochverehrten Lehrer und Freunde ein literarisches Denkmal zu setzen. So entstand der „Versuch einer Darlegung und Würdigung der wissenschaftlichen Leistungen von *Clebsch* von seiten einiger seiner Freunde“. Zu demselben lieferten Referate über die Arbeiten von *Clebsch* in der mathematischen Physik, den partiellen Differentialgleichungen und der Variationsrechnung, der Geometrie, der Abelschen Funktionen und ihrer Verwendung in der Geometrie der Kurven und Flächen, der Abbildung der algebraischen Flächen und der Invariantentheorie die Mathematiker des ganzen Kreises, der sich um *Clebsch* als Mittelpunkt gebildet hatte, die Herren *K. von der Mühl*, *A. Mayer*, *J. Lüroth*, *A. Brill*, *M. Nöther*, *P. Gordan*.

während die Verarbeitung derselben zu einer einheitlichen Fassung schließlich nach einer gemeinsamen Besprechung in Göttingen (Weihnachten 1872) die Hauptaufgabe von *Klein* wurde.

Gleichzeitig wurden die hinterlassenen Manuskripte von *Clebsch* geordnet, und es entstand die Absicht, seinen Schüler *F. Lindemann* zur Bearbeitung der Vorlesungen über Geometrie zu veranlassen.

Aber damit waren *Kleins* Bemühungen noch nicht erschöpft. Es handelte sich ganz wesentlich darum, durch einen neuen, mit dem Teubnerschen Verlage abzuschließenden Vertrag über die Redaktion der Mathematischen Annalen für die in bedrängter Lage zurückgebliebene Witwe von *Clebsch* Mittel zu schaffen, und gleichzeitig wurde zu diesem Zwecke die Aufforderung zu freiwilligen Beiträgen an seine Schüler und Freunde gerichtet. Auf diese Weise gelang es, nebst der von der Universität gegebenen Unterstützung ein Kapital zu bilden, das zur Erziehung der vier Söhne von *Clebsch* ausreichen konnte. In die Redaktion der Mathematischen Annalen traten neben *C. Neumann* nun *Gordan* und *Klein* ein, so daß dieser sie jetzt seit 46 Jahren geführt hat.

Mit der Erlanger Professur beginnt eine neue Periode in *Kleins* Leben, deren Ergebnisse hier nicht weiter verfolgt werden können, doch seien noch einige allgemeine Bemerkungen gestattet.

Die ausgezeichneten Eigenschaften des jugendlichen Dozenten zeigten sich zunächst in der ungewöhnlichen *Vielseitigkeit seiner Begabung*, die zu schildern versucht wurde. Man erkennt sein *divinatorisches wissenschaftliches Taktgefühl*, die *Originalität* seiner Konzeptionen, seine merkwürdige Fähigkeit, überall an den Untersuchungen anderer gerade den Punkt zu entdecken, der mit seinen eigenen Gedanken in Verbindung stand. So war für *Klein* eine Fruchtbarkeit der Produktion möglich, welche denen, die jede mathematische Abhandlung erst vom Anfang an studiert haben mußten, versagt bleiben konnte.

Gleichzeitig besaß er die Gabe, jeden seiner Schüler auf das Thema hinzuweisen, das dessen besonderer Begabung und Entwicklung entsprach. So regte er *A. Weiler* aus Stäfa, der als Schüler von *W. Fiedler* in Zürich den Gebrauch homogener Koordinaten und des Dualitätsprinzips gründlichst kennen gelernt hatte, zur systematischen Bearbeitung der Komplexe zweiten Grades an; ein anderes Beispiel gibt *A. Harnacks* Arbeit über die Verwendung der elliptischen Funktionen in der Geometrie der Kurven dritter Ordnung, der sich schon unter *F. Minding* in Dorpat in die Analysis eingearbeitet hatte. Und auch aus etwas spröderem Stoffe wußte *Kleins* Initiative Funken zu schlagen; so bei *L. Wedekind*, dessen Arbeiten über das komplexe Doppelverhältnis bei *Klein* selbst schon die Theorie des Ikosaeders vorbereiten sollten.

Im persönlichen Verkehr aber mit seinen

Schülern streute er die Goldkörner seines reichen Talent aus, unbekümmert um den Gebrauch, den sie später davon machen könnten, denn er war nicht der engherzigen Ansicht solcher, die in ihren Schülern nur spätere Konkurrenten zu sehen geneigt waren.

Aber *Klein* beschäftigte sich nicht nur etwa mit den besonders Begabten. Ihm lag vor allem am Herzen die *Erzielung tieferen Wissens bei allen denen, die einst auf den Gymnasien und Realschulen die Mathematik zu lehren* haben würden. Wie man *wissenschaftlich arbeiten lerne*, das zu zeigen sei die Hauptaufgabe des Dozenten, führte er schon in Erlangen in seiner Rede zum Eintritt in die Fakultät aus, und dazu sei nichts wirksamer als die den Abschluß der Universitätsstudien bezeugende Ausarbeitung einer Dissertation unter sachgemäßer Leitung des Lehrers, die ihren Erfolg auch dann nicht verfehlen werde, wenn sie etwa die einzige höhere Leistung des Betreffenden bleibe.

Und dieser Zweck bestimmte auch die *Form seiner Vorlesungen*. Absolute Vollständigkeit wird immer dazu führen, daß der Inhalt in den Anfangsstadien stecken bleibt und die Hörer ermüdet; daher suchte er überall darauf hinzuwirken, daß an der Hand der reichlich gebotenen literarischen Nachweise dieselben zu eigener Vertiefung in solche Fragen angeleitet wurden, die in der Vorlesung selbst nur im allgemeinen durch anschauliche Ideen bezeichnet waren.

Diese einfache Skizze darf aber nicht ohne ein Wort des herzlichsten Dankes schließen, der alle Schüler *Kleins* erfüllt, und dessen auch der Verfasser verehrungsvoll gedenkt. Die zwischen *Klein* und ihm im Winter 1868/69 entstandene Bekanntschaft fand schon Ostern 1869 ihr Ende, als der letztere in den Schuldienst übertrat. Als er sich zum Winter 1872 entschloß, zu weiterem Studium wieder nach Göttingen zu *Clebsch*, der damals auf der Höhe seines Ruhmes stand, zurückzukehren, erfuhr er, daß *Klein* und *Lies W-Kurven* in naher Beziehung zu seiner eigenen kleinen, aus der Lektüre von *Charles' traité de géométrie supérieure* entstandenen Arbeit standen. In der lebenswürdigsten Weise nahm *Klein* seine Entschuldigung entgegen, das ganz übersehen zu haben, und forderte ihn auf, nach Erlangen zu kommen, da der Aufenthalt in Göttingen nach *Clebsch' Tode* keinen Zweck mehr haben konnte. Dort hatte er das Glück, während fast 4 Monaten täglich mit dem ausgezeichneten Freunde zu verkehren, an seinem Beispiel zu lernen. Seitdem haben, je mehr *Kleins* Gedanken sich den großen Fragen der Riemann-Weierstraßschen Funktionentheorie und der universellen Beherrschung der gesamten Mathematik zuwandten, viele andere die gleiche Förderung ihres Strebens gefunden. Sie alle werden jetzt den Jubilar verehrungsvoll begrüßen mit dem Wunsche, daß die unvergleichliche Elastizität seines Geistes ihm noch lange erhalten bleibe, und so wird dieser siebzigste Ge-

burtstag aufs neue in schönster Weise bestätigen, welchen Segen die Wirksamkeit eines deutschen Professors weithin verbreitet hat.

Klein und die Mathematik der letzten fünfzig Jahre.

Von Prof. Dr. W. Wirtinger, Wien.

Inter arma silent musae. Von Herzen hätte ich gewünscht, daß wir in ruhiger und ungetrübter Betrachtung uns die Wurzeln, die Vorbedingungen, die treibenden Kräfte von *Kleins* Wirksamkeit hätten vor Augen führen können, und das Unterscheidende und Gemeinsame mit anderen großen Gelehrtennaturen uns zum Bewußtsein bringen. Das Schicksal hat es anders gewollt. Nach den wechselvollen Ereignissen der letzten Zeit suchen nicht nur die Staaten, nein, sucht überhaupt die menschliche Gesellschaft nach neuen Formen und nach neuer Ordnung für die im Grunde immer gleichen Triebe des Einzelwesens. Eine Welt ist in Trümmer gegangen und wir müssen uns eine neue aufbauen. Ich meine nicht unsere Wissenschaft, denn was wir in der Monarchie bewiesen haben, bleibt auch in der Republik wahr. Vielmehr denke ich dabei an die ganze Stellung der reinen Wissenschaft in der künftigen Gesellschaftsordnung, deren Umrisse wir langsam heraufkommen sehen.

Es ist mir nicht zweifelhaft, daß wir mehr als bisher die Notwendigkeit und die Bedeutung unserer Wissenschaft öffentlich vertreten müssen, und zwar mit Gründen, welche auch dann noch ihre Tragkraft behalten, wenn sie nicht mehr durch überlieferte Werturteile über Kulturformen mehr gefühlsmäßig gestützt werden. Wir werden vielmehr in einleuchtender Weise weiteren Kreisen klarlegen müssen, daß unsere Wissenschaft und ihre Lehre auf dem Wege des Fortschrittes der menschlichen Entwicklung ein Förderer und Wegweiser ist, der Pflege und Geltung reichlich lohnt. Für den Mathematiker selbst ist die Wissenschaft gewiß ebenso Selbstzweck, wie für den Künstler die Kunst. Die Lösung der Spannungen, welche die ungelöste Aufgabe bietet, die durch diese gewonnene Herrschaft über die Begriffe und endlich die Macht, welche die Einsicht oft auf dem Gebiete der Wirklichkeit gibt, sind dem Fachmann geistige Bedürfnisse, denen er sich nicht entziehen kann. Aber das sind innere Erlebnisse, die der Mitteilung bedürfen, um auch in andern wirksam zu werden, einer Mitteilung, für welche die Empfänger viel mehr eigenartige Vorbedingungen erfüllen müssen, als für die künstlerische. Man kann es auch verstehen, daß die Mitteilung eines solchen inneren Erlebnisses für manche unter den größten mehr eine lästige Pflicht war, da ja das Hauptziel, die eigene Klarheit, schon erreicht war.

Klein hat niemals mit der Mitteilung seiner Ergebnisse gekargt und auch die Wege, auf denen er vordrang, hat er immer offen dargelegt. Seine

Anfänge kamen von *Plücker* und von *Clebsch*, von denen der erste ein Meister der Anschauung, der zweite ein ebensolcher des Kalküls war, und die Architektur der Algebra geradezu künstlerisch handhabte. Der erste wird vielleicht durch die Freude an der Gestalt, der zweite durch die Durchsichtigkeit der Darstellung und die Fähigkeit, weitumfassende Gedankenkreise fruchtbar zu verbinden, für *Klein* besonders förderlich gewesen sein, beide aber durch die Begeisterung, mit der sie ihrer Wissenschaft lebten. In der Tat fällt es schwer, seine weitere Entwicklung an die streng systematische und in dieser Zeit — Ende der sechziger Jahre — noch mit der Gestaltung des spröden Stoffes ringende Weierstraßsche Richtung anzuschließen, für welche die Erledigung eines bestimmten Problems an und für sich eine grundlegende Forderung bildete, während *Klein* die Wechselbeziehungen verschiedener Teile der Mathematik besonders lebendig und fruchtbar zu machen verstand. Das zeigt sich schon in der ersten Periode seiner Wirksamkeit, die man von 1869 bis etwa 1874 rechnen kann und deren Hauptleistungen die Arbeiten zur Nichteuklidischen Geometrie und das Erlanger Programm von 1872 sind, das unter dem Titel „Vergleichende Betrachtungen über einige neuere geometrische Forschungen“ den Begriff der Gruppe als ordnendes und zusammenfassendes Prinzip in der Geometrie aufweist und darüber hinaus die neuen Probleme, die daraus entspringen, skizziert. Es ist interessant, daß das uns heute so geläufige Wort „Gruppe“ bei *Klein* selbst 1871 im Titel einer mit *Lie* zusammen verfaßten Arbeit noch umschrieben wird mit dem Worte *geschlossenes System von Transformationen*. Aber darüber berichten ja andere in diesem Hefte ausführlicher. Zum ersten Male erscheint 1874 der Name *Riemanns* im Titel der Arbeit „Über eine neue Art Riemannscher Flächen“. Hier wird für reelle Tangenten der Berührungspunkt, für imaginäre aber der einzige reelle Punkt derselben als Bild des Kurvenpunktes resp. der Stelle des algebraischen Gebildes aufgefaßt. Das Dualitätsprinzip, die Staudtsche Imaginärtheorie, die allgemeine Auffassung der Riemannschen Mannigfaltigkeit mit einer quadratischen Differentialform sind hier mit einemmal in der einfachsten Weise in Beziehung gesetzt und für die reellen Züge algebraischer Kurven, also anschauliche Fragen verwertet.

Der Name *Riemann* kehrt seither immer wieder, und es hat wohl kein Mathematiker soviel für das Verständnis und die Fruchtbarmachung von dessen Ideen getan, wie gerade *Klein*. Die Durchdringung und Verbindung der ursprünglichen Riemannschen Gedanken mit allen den Gesichtspunkten der Invariantentheorie, der Zahlentheorie und Algebra, der Gruppentheorie, der mehrdimensionalen Geometrie, sowohl auf dem Gebiete der Abelschen Funktionen als auch auf den eigensten Gebieten *Kleins*, den Modulfunktionen und den automorphen Funktionen gehört zu

seinen größten Erfolgen. Die zahllosen Arbeiten, die im Anschluß daran entstanden sind, beweisen, wie stark das Interesse war, das sie erweckten. Er hatte hier noch die besondere Genugtuung, die weittragenden und wichtigen Sätze, die er in den achtziger Jahren zum Teil auf intuitivem Wege gefunden, zu Beginn dieses Jahrhunderts bewiesen und weiter ausgestaltet zu sehen. Der Anteil *Kleins* an diesen Arbeiten ist ein sehr großer. Die meisten von ihnen hat er mit den Verfassern ins einzelne durchgesprochen, und bei den Korrekturen einen ausführlichen Briefwechsel mit ihnen geführt. Er hat seine Schüler nicht bloß in den Gegenstand, sondern auch in die Kunst der Disposition und die wissenschaftliche Ausdrucksweise überhaupt eingeführt. Das kam auch den „Mathematischen Annalen“ zugute, an deren Redaktion er seit 1873 in hervorragender Weise beteiligt war. Der Grundsatz, von dem er selbst sagte, daß die Redaktion der Annalen von Anfang an bewußt daran festgehalten habe, an keiner einzelnen Richtung innerhalb der mathematischen Wissenschaft einseitig festzuhalten, sondern allen Leistungen, welche neu und bedeutend scheinen, des Inlandes wie des Auslandes, bereitwilligst die Spalten der Zeitschrift zu öffnen, hat die Annalen zu einer der vornehmsten und unentbehrlichsten Quellen gemacht für jeden, der sich dieser Wissenschaft widmet. Bis etwa 1894 war so die Tätigkeit *Kleins* der Forschung, der Lehre und der mathematischen Literatur im engeren Sinne gewidmet. Nun aber tritt eine neue Seite seiner eigenartigen Begabung ans Licht: die Vertretung der Wissenschaft und ihrer Interessen nach außen hin. Diese Tätigkeit beginnt mit der Weltausstellung von Chicago, dem Evanston Colloquium und dem Vortrag über *Riemann* auf der Wiener Naturforscherversammlung 1894. Es folgt eine lange Reihe von Vorträgen über wissenschaftliche und Unterrichtsfragen, über das Verhältnis der Universität zur Technischen Hochschule, über das Verhältnis der Mathematik zu den Anwendungen und vieles andere, worüber ja auch Berufenere hier im Zusammenhang berichten. Insbesondere sei hier gleich auf die Tätigkeit *Kleins* in der internationalen Unterrichtskommission und den deutschen Ausschüssen für mathematischen Unterricht hingewiesen.

Aber zugleich damit tauchte ein Unternehmen auf, welches sich die Darstellung der gesamten Mathematik und ihrer Anwendungen vom Beginn des 19. Jahrhunderts an zum Ziel setzte, ein richtiges Säkularwerk, die Enzyklopädie. Ursprünglich von *Burkhardt* und *F. Meyer* als Wörterbuch geplant, wurde in den vorbereitenden Beratungen über Antrag *Dycks* jenes weitere Programm gestellt, mit dem Ziele, dadurch ein Gesamtbild der Stellung zu geben, die die Mathematik in der heutigen Kultur einnimmt. Hier war es *Klein*, der zusammen mit *Dyck* von allem Anfang an dem Unternehmen seine ganzen persön-

lichen Beziehungen, seine umfassenden wissenschaftlichen Interessen und großes Organisationstalent mit voller Hingebung widmete. Er selbst hat außer ausgedehnten vorbereitenden Arbeiten und eingehender Teilnahme an den einzelnen Bänden besonderes Verdienst durch die Durchführung und Vollendung des vierten, der Mechanik gewidmeten Bandes. Und wenn wir damit heute noch nicht zu Ende sind, so ist das zum guten Teil auch dem Umstand zuzuschreiben, daß durch das Erscheinen handlicher, bis auf die neueste Zeit fortgeführter Darstellungen der Einzelgebiete die jüngere Generation für ihre Arbeit eine feste Grundlage und eine mächtige Anregung zu neuer Forschung erhielt.

Und nun lassen Sie mich wieder zu den allgemeinen Betrachtungen der Einleitung zurückkehren. *Klein* hat uns, und damit noch vielen nach uns, die mannigfachen Spannungen und ihre Lösungen an mathematischen Problemen miterleben lassen und mit deren Mitteilung niemals gekargt. Das werden in erster Linie die Mathematiker zu würdigen wissen.

Aber auch als unentbehrliche Vorarbeit zur gedanklichen Erfassung eines physikalischen Weltbildes bewährt sich die Mathematik aufs neue, wenn die ordnenden Ideen der Gruppentheorie gerade jetzt wieder in der allgemeinen Relativitätstheorie, die ja geradezu ein invariantentheoretisches Problem ist, ihre Kraft bewähren und *Klein* selbst hier rüstig mitschafft.

Das geistige Machtmittel, welches die Wissenschaft gegenüber der Wirklichkeit gibt, hat er in vielen Anwendungen gefördert und zur Geltung gebracht. Die Enzyklopädie liefert dafür reichlich die Belege im einzelnen.

Noch weiter über den Kreis der Mathematiker hinaus greift aber die Wirkung der Mathematik in Unterricht und Erziehung. Gerade hier werden wir *Kleins* Arbeit zu verwerten und hoffentlich noch recht lange unter seiner eigenen Führung fortzusetzen haben, um immer wieder den Grundsatz zu vertreten, daß nur derjenige Mathematik mit Erfolg lehren kann, in dem die Wissenschaft selbst lebendig geworden ist, daß nur dieser dem Schüler als bleibendes Gut die Überzeugung mitgeben wird, daß das, was richtig gedacht ist, auch wahr und darum eine notwendige Grundlage für vernünftiges Wollen und Handeln ist.

Klein und die nichteuklidische Geometrie¹⁾.

Von Prof. Dr. A. Schoenflies, Frankfurt a. M.

Als *Klein* im Jahre 1871 seinen ersten epochemachenden Artikel über die nichteuklidische Geometrie veröffentlichte, stand er im jugendlichen

¹⁾ Von den Kleinschen Arbeiten kommen hauptsächlich in Betracht die in den Math. Ann. Bd. 4, S. 573, Bd. 6, S. 112, Bd. 37, S. 544, Bd. 50, S. 583

Alter von 22 Jahren. Für die mathematische Alltagswelt haftete einer Geometrie, in der das euklidische Parallelenaxiom nicht gelten sollte, immer noch eine Art paradoxen Beigeschmacks an. *Gauß* hatte seine ausgedehnten Resultate, wie wir aus einem Brief an *Bessel* wissen, bei seinen Lebzeiten völlig zurückgehalten; er scheute, schrieb er, das Geschrei der Böoter, wenn er seine Ansichten ganz aussprechen wolle. Die Lehrgebäude, die *Lobatschewsky* schon 1829 und bald darauf *Bolyai* errichtet hatten, waren infolgedessen zunächst ziemlich unbeachtet geblieben; selbst auf die bevorzugten Köpfe übten sie eine stärkere Wirkung erst aus, als die Gaußschen Ideen aus seinem 1862 veröffentlichten Briefwechsel mit *Schumacher* bekannt wurden und allmählich das Schwergewicht des Gaußschen Namens zu wirken begann. Aber doch galt alles Nichteuklidische für die große Masse der Mathematiker immer noch als etwas, was zwar durch seine merkwürdige Eigenart anzog, aber sozusagen jenseits der eigentlichen Mathematik existierte und ohne Beziehung zu realen Problemen war. Ein Wandel entstand erst, als *Riemann* und *Helmholtz* die Kraft ihres Genies an die Durchleuchtung der allgemeinen Grundlagen der Geometrie setzten, und man erfuhr, wie sie die nichteuklidischen Auffassungen in das Gesamtgebiet der Geometrie einordneten. Doch war bei beiden die mathematische Betrachtung noch ziemlich stark mit spekulativen Gedanken verwickelt. Dies erleichterte denen, die *Gauß* als Böoter gekennzeichnet hatte, die Angriffe und die Skepsis und erschwerte so einen durchgreifenden Umschlag. Es bedeutete daher einen wichtigen Schritt vorwärts, als *Beltrami*, nicht lange vor dem Eingreifen *Kleins*, in den Raumgebilden konstanter Krümmung die Träger eines greifbaren Bildes der nichteuklidischen Theoreme aufdeckte; indem er zeigte, daß deren geodätische Linien — kurzgesprochen — die nämliche Geometrie bestimmen, wie die Geraden der nichteuklidischen Räume. Immerhin blieb aber die Frage offen, ob es nicht einen Zirkelschluß bedeutet, wenn man mit Begriffen, die durchweg aus dem Euklidischen stammen, die Wahrheit und Folgerichtigkeit nichteuklidischer Lehren ableitete¹⁾. Es ist eins der Hauptverdienste *Kleins*, daß er die reinliche Aussonderung der spezifisch mathematischen Probleme und ihre Befreiung von allem metaphysischen Beiwerk sowohl als notwendig, wie als möglich erkannt hat; er hat der nichteuklidischen Geometrie ein volles und unbestrittenes Bürgerrecht in der Mathematik erkämpft und sie zu

sowie das Vorlesungsheft über nichteuklidische Geometrie vom Jahre 1893.

Über den allgemeinen historischen Werdegang vgl. man *Bonola*, Die nichteuklidische Geometrie, übers. v. *Liebmann*, Leipzig 1908.

1) Selbst *Cayley* meinte, trotz der v. Staudtschen Einführung des Zahlenraums sei wenigstens noch der Schein eines Zirkelschlusses vorhanden; *Collected papers* (1889) Bd. II, S. 605.

einem der reizvollsten und zugleich anwendungsreichsten Wissensgebiete erhoben.

Eine glänzende mathematische Phantasie mit dem sicheren Blick für das Erreichbare verbindend, von dem hohen Wert anschauungsmäßigen Erfassens geometrischer Wahrheiten erfüllt, zugleich stark physikalisch interessiert und daher im Rahmen der natürlichen Problemstellungen bleibend, niemals dogmatisch, sondern stets realistisch denkend, war *Klein* wie geschaffen, um im Bereich der nichteuklidischen Tatsachen und Zweifel klärend und reinigend zu wirken. Diesem seinem mathematischen Naturell folgend, war er sich von vornherein klar, daß es nicht Zweck der Mathematik war, eine Entscheidung philosophischer Fragen zu treffen. Sie hatte nur zu prüfen, ob das Parallelenaxiom eine Folge der übrigen Axiome ist oder nicht; die Frage nach seiner objektiven Geltung oder nach der Eigenart unseres empirischen Raumes konnte und sollte sie nicht vor ihr Forum ziehen. Zwar ist und war auch *Klein* philosophisch interessiert. Er hat sich über Ursprung und Wesen der Axiome öfters eingehend ausgesprochen, aber stets von dem Bewußtsein getragen, daß den Mathematiker als solchen die besondere Stellung, die er erkenntnistheoretisch einnehmen mag, ebensowenig beeinflussen dürfe, wie die Mathematik selbst. Der jugendliche Forscher erkannte daher seine wissenschaftliche Aufgabe ausschließlich darin, ein in sich konsequentes Lehrgebäude jeder möglichen Geometrie aufzubauen, die axiomatischen Voraussetzungen, deren man dazu bedarf, mit aller Schärfe und Deutlichkeit herauszuschälen und sie in ihrer mathematischen Tragweite zu prüfen. Und er stand in dieser Weise nicht nur dem Parallelenaxiom gegenüber, sondern auch den sonstigen axiomatischen Voraussetzungen, und war bestrebt, sie eine nach der andern zum Ausdruck zu bringen. Er muß insofern als ein durchaus bewußter Vorgänger der allgemeinen axiomatisch-geometrischen Untersuchungsrichtung gelten¹⁾, die ungefähr 10 Jahre später in voller Ausdehnung einsetzte; zuerst bei *Pasch* und dann später von *Hilbert* vervollkommen und vollendet.

Die Eigenart des geistigen Schaffens, die wir am Kleinschen Genie bewundern dürfen, trug auf dem Gebiet der nichteuklidischen Probleme von vornherein den Stempel notwendigen Gelingens. Ich rechne dahin die immer allseitige und umfassende Problemstellung, die sichere Intuition für den inneren Zusammenhang scheinbar fremdesten Einzelresultate, die leichteste Aneignung und Durchdringung der vorhandenen Literatur und ein glänzendes Geschick für ihre Vereinfachung und gleichzeitige Vertiefung, für ihre Vereinheitlichung und ihre Gestaltung zu einem plastischen Bilde. So stets im gegebenen wissenschaftlichen Boden wurzelnd, hat sein mathematisches Schaffen Erfolge von überraschender

¹⁾ Den wesentlichsten Anstoß zu dieser Denkweise dürften *Riemann* und *Helmholtz* gegeben haben.

Fruchtbarkeit und Tragweite gezeitigt. Und wohl nirgends hat sich diese Eigenart erfolgreicher erwiesen, als in seinen nichteuklidischen Untersuchungen. Erst durch *Klein* ist nichteuklidisches Denken wissenschaftliches Gemeingut der Forschung geworden; weiten Gebieten des Schaffens und Fortschreitens hat er dadurch neues Blut und neues Leben eingeblóht.

Als *Klein* seine nichteuklidischen Studien begann, lag für die Geometrie der Lage ein Lehrgebäude in methodischer Vollkommenheit und fast lückenloser Schärfe und Beweiskraft bereits zwei Jahrzehnte hindurch vor: das Lehrgebäude, das *Chr. v. Staudt* mit der Vollkraft geometrischen Schauens errichtet hatte¹⁾. Ebenso bestand seit über 10 Jahren eine allgemeine Theorie der Maßbestimmung, die Englands damaliger erster Mathematiker *A. Cayley* geschaffen hatte²⁾; eine Theorie, die sich auf formentheoretischer Grundlage erhebt und die gewöhnliche euklidische Maßbestimmung als Modell benutzt. Sie gipfelt in einem doppelten Resultat. Erstens erweisen sich die metrischen Eigenschaften einer Figur nicht als Eigenschaften, die ihr *an sich* zukommen, sondern vielmehr als projektive Beziehungen zu einem gewissen „absoluten“ Grundgebilde, und zweitens ordnen sich auf diese Weise die metrischen Eigenschaften in das umfassende Gebiet der allgemeinen projektiven Beziehungen ein. Beider Männer Geistesarbeit hatte aber den Jünger, der sie zu werten und zu meistern und harmonisch zu verbinden verstand, noch nicht gefunden. Ist doch der Teil der Staudtschen Schriften, der durch die Abstraktheit seiner Gedanken und Beweise dem Eindringen die meiste Schwierigkeit darbietet, nämlich die Theorie der Würfe und die Erörterung der imaginären Gebilde, erst nach *Klein*, und vielleicht sogar erst unter der Wirkung seiner Arbeiten, einem größeren Publikum erschlossen worden. Die geringe Ausbreitung der Cayleyschen Resultate ist weniger verständlich; aber auch *Cayleys* Vorgänger, *Laquerre*, hatte im wesentlichen ein gleiches Geschick getroffen³⁾. Anwendbarkeit und Tragweite ihrer Resultate mußten offenbar so lange in der Tiefe schlummern, bis sie durch *Kleins* intuitives Erfassen zum Leben und Wirken erweckt wurden. Jedenfalls ist *Cayley* selbst an der — man muß heute sagen offenkundigen — Beziehung seiner Resultate zum Nichteuklidischen vorbeigegangen. Sie lagen nicht auf seinem Wege. Für ihn handelte es sich nur darum, die tatsächliche geometrische Maßbestimmung auf der Graden und im Strahlbüschel, wie sie in der Ebene und auf der Kugel gilt, als Sonderfälle seines allgemeinen Ansatzes nachzuwei-

sen⁴⁾. Daß sich die drei Fälle möglicher Maßbestimmung, die in den drei Geometrien gelten, unmittelbar ergeben, wenn man das Cayleysche absolute Gebilde geeignet wählt, konnte erst jemand erkennen, bei dem der Blick für die Verwandtschaft mathematischer Gesetze so entwickelt war, wie bei *Klein*. Und diese Erkenntnis mußte um so stärker wirken, als doch klar war, daß man es hier nicht, wie bei der Beltramischen Deutung, mit einem unvollkommenen Abbild der nichteuklidischen Beziehungen zu tun hatte, sondern mit ihrem ureigensten inneren Wesen.

Für *Klein* ist es stets ein wissenschaftliches Gebot gewesen, die Darstellung geometrischer Dinge den anschaulichen Bedürfnissen anzupassen; er wußte, daß geometrische Wahrheiten ohne gleichzeitige Vorstellbarkeit nur unvollkommen verstanden werden. Der von *Cayley* eingeschlagene Weg, der direkt von den Koordinaten ausgeht, war daher für ihn nicht gangbar. Die Cayleysche Maßbestimmung mußte vielmehr in neuer und freier Weise auf projektiver Grundlage aufgebaut werden. Es gelang ihm, indem er dem algebraisch starren Gerüst der Cayleyschen Formentheorie die Beweglichkeit des projektiven Messens einflóßte; sie führte ihn selbsttätig zu den linearen Transformationen und zu ihren Gruppen. Auch heute noch wird man die große Wirkung nachempfinden, die die Kleinschen Gedankengänge durch ihre Einfachheit, durch die Energie ihrer Gedanken und die ihnen innewohnende wissenschaftliche Überzeugungskraft auf die damalige mathematische Welt unzweifelhaft ausgeübt haben.

Klein geht, wie Riemann, von der natürlichen Frage aus, worin überhaupt das Messen besteht, und nach welchen Regeln es vor sich geht. Sieht man von den evidenten Gesetzen der Addierbarkeit der Strecken und Winkel ab²⁾, so setzt es in erster Linie die Herstellung eines Maßstabes voraus; d. h. also, die Erzeugung einer mathematischen Skala, die, von einer irgendwie gewählten Einheit ausgehend, zu allen Längen führt, die ein Vielfaches oder einen rationalen Teil der Einheit darstellen. Das Zweite ist die besondere Art der Benutzung des Maßstabes; sie ruht darauf, daß die Skala so in sich verschiebbar sein muß, wie dies einem Maßstab eigen ist; eine Bewegung, die einen Skalenteil in einen andern überführt, muß dies für jeden Skalenteil leisten, während sie alles, was „unendlich fern“ ist, naturgemäß festläßt. Gemäß der Cayleyschen Grundanschauung ist aber die Metrik eine Beziehung projektiver Art zu einem gewissen absoluten und invarianten Gebilde. Jede der eben genannten Bewegungen des Maßstabes erweist sich daher als eine eindeutige

¹⁾ Geometrie der Lage, und Beiträge zur Geometrie der Lage, Nürnberg 1847 und Erlangen 1856/57.

²⁾ A sixth Memoir upon quantities; Philos. Transactions, Bd. 149 (1860), S. 82.

³⁾ Von *Laquerre* stammt die Definition des Winkels mittels des Doppelverhältnisses der Schenkel gegen die Strahlen nach den Kreispunkten; Nouv. Ann. de math. Bd. 12, (1853), S. 64.

⁴⁾ *Cayley* erkannte insbesondere, daß sein absoluter Kegelschnitt, der in der Ebene in ein Punktepaar zerfällt, auf der Kugel ein Kreis ist, und zwar ein imaginärer, und daß dies die Ursache der vollen Dualität der sphärischen Geometrie ist (a. a. O. S. 89). Ob *Cayley* die Arbeit von *Laquerre* kannte, vermag ich nicht zu sagen.

²⁾ Es ist $\overline{12} + \overline{23} = \overline{13}$, $\overline{12} + \overline{21} = 0$ usw.

und projektive, also lineare Transformation, und zwar als eine, bei der einerseits die unendlich-fernen Elemente, andererseits auch die Elemente des absoluten Gebildes fest bleiben; diese Elemente stellen daher sowohl die Doppelemente der linearen Transformation wie auch die Elemente von *Cayleys* absolutem Gebilde dar. Damit war die Kette der Argumente geschlossen, und die Einordnung der Cayleyschen Metrik in die projektive Geometrie erreicht. Wählt man als absolutes Gebilde insbesondere zwei reelle, zwei imaginäre, oder zwei zusammenfallende Elemente — womit alle Möglichkeiten erschöpft sind —, so entstehen die Maßbestimmungen mit zwei reellen unendlich-fernen Elementen, zwei imaginären, oder einem reellen; also die Lobatschewskysche Geometrie, die euklidische, und endlich diejenige, auf die *Riemann* zuerst hingewiesen hat, und bei der die Gerade eine endliche Länge besitzt. Sie ist in demjenigen Elementargebilde realisiert, das der Geraden dualistisch gegenübersteht, nämlich im Strahlenbüschel; die Gesamtheit aller Winkel besitzt den Wert 2π , und ihr absolutes Gebilde wird von den nach den imaginären Kreispunkten zielenden Strahlen gebildet.

Eine lineare Transformation ist nur in einem Zahlenraum ausführbar. Mit *Riemann* und *Helmholtz* von vornherein den geometrischen Konstruktionsraum als Zahlenraum einzuführen, war für den Erbauer eines geometrischen Gebäudes nicht angängig. Aber der Meister aller projektiven Baukunst, *Chr. v. Staudt*, hatte ja, wie oben erwähnt, den Bau bereits im wesentlichen errichtet und die Umwandlung des geometrischen Raumes in den Zahlenraum gelehrt. Auf die Fundamente des Baues und die Art seiner Aufmauerung näher einzugehen, kann unterbleiben. Es genüge der Hinweis, daß *Klein* von vornherein die Lücken erkannte, die noch zu verkitten waren, und auch über den Kitt, der die Festigkeit des Baues verbürgte, nicht im Zweifel war. Um zweierlei handelte es sich. Die Staudtsche Darstellung ruhte auf dem Parallelenaxiom und mußte deshalb von dieser ihrer Grundlage befreit werden. Es gelingt, indem man alle Konstruktionen zunächst in einem endlichen Raumteil vornimmt, den man dann zu erweitern, und falls nötig, durch ideale (uneigentliche) Elemente zu ergänzen hat¹⁾; was ja schließlich im euklidischen Raum durch Hinzufügung der unendlichfernen Elemente in ganz analoger Weise geschieht. Freilich entsteht dabei zunächst die Schwierigkeit, daß ein Grundelement, wie die Gerade, dem begrenzten Raumteil, in dem man operiert, nicht völlig angehört, und daß daher die Konstruktionen und Beweise, die zur Bestimmung des vierten harmonischen Punktes nötig sind, in ihm illusorisch werden können. Da aber in jedem Raumteil vollständige Grundgebilde erster und höherer Stufe, nämlich Büschel und Bündel

vorhanden sind, so lassen sich die Staudtschen Konstruktionen und Beweisgänge zunächst für sie durchführen und dann auf die unbegrenzten Grundgebilde, mittels Hinzunahme der idealen Elemente übertragen¹⁾. *Klein* zeigt dies sogar in der Weise, daß er nicht mit Geraden und Ebenen, sondern allgemeiner mit Kurven und Flächen operiert, die den für den projektiven Aufbau grundlegenden Axiomen des Schneidens und Verbindens und der Anordnung genügen. Die zweite notwendige Ergänzung des Staudtschen Lehrgangs bestand in der axiomatischen Einführung der geometrischen Stetigkeit und ihrer Beziehung zur Irrationalzahl²⁾. Heute, wo uns der Gegensatz zwischen der abzählbaren Menge und dem Kontinuum so geläufig ist, wie das Einmaleins, ist es ja evident, daß ein konstruktives Verfahren, das mit einer endlichen Zahl von Grundpunkten beginnt, nur eine abzählbare Menge von Konstruktionspunkten liefern kann, und daß daher jeder Beweis des Fundamentalsatzes, der nicht durch ein Axiom über die Abzählbarkeit hinausführt, versagen muß. *Klein* hat hierzu in seinem zweiten Artikel zuerst des näheren Stellung genommen; indem er die Forderung aufstellt, daß jede auf einem Grundelement erster Stufe vorhandene Reihe unendlich vieler konstruktiver Punkte ein Grenzelement bestimmen soll, das dem Gebilde angehört und zugleich alle axiomatischen Eigenschaften der Konstruktionspunkte besitzt³⁾. Damit war die Stetigkeit des Raumes auf projektiver Grundlage für das damalige mathematische Denken in der gleichen Weise eingeführt, wie die Irrationalzahl von *Cantor* und *Dedekind*. Genau genommen muß man freilich auch noch das archimedische Axiom voraussetzen, dessen Einführung und Bedeutung man erst in späterer Zeit zu würdigen gelernt hat⁴⁾. Nachdem sodann noch im Anschluß an *Kleins* Arbeiten der Beweis geführt war, daß die Staudtschen Konstruktionspunkte das Elementargebilde überall dicht bedecken, war der Beweis des Fundamentalsatzes einwandfrei erledigt. *Klein* selbst hat dafür später noch eine eigene Darstellung gegeben, um auch hier dem Bedürfnis nach einfacher und anschaulicher Erfassung möglichst gerecht zu werden. Sie lehnt sich an die analogen Verhältnisse der Modulfigur an und ruht darauf, daß jede lineare Substitution mit ganzzahligen Koeffizienten einer endlichen Zahl einfachster Substitutio-

¹⁾ Hierauf wies schon der erste Artikel hin; Bd. 4, S. 623. Eine ausführliche Darstellung gab später *F. Schur*, Math. Ann. Bd. 39, S. 113.

²⁾ Die oben erwähnte Schrift von *Bonola* hat auch die vielen elementaren Beweise der Winkelsumme daraufhin geprüft, inwiefern sie die Stetigkeit und das Axiom des Archimedes benutzen.

³⁾ Bd. 6, S. 140. In aller Kürze wird die Frage auch schon in Bd. 4, S. 582, gestreift.

⁴⁾ Vgl. das Kleinsche Gutachten zur ersten Verteilung des Lobatschewskypreises, abgedruckt in Math. Ann. Bd. 50, S. 594. *Dehn* hat später den Einfluß des Axioms auf den Satz über die Winkelsumme erörtert. Math. Ann. 53, S. 405.

¹⁾ Ein Hinweis auf solche idealen Elemente findet sich bereits bei *Beltrami*, Giorn. di mat. Bd. 5 (1867), S. 299.

nen äquivalent ist, für die der Beweis unmittelbare geometrische Durchsichtigkeit besitzt.

Der analytischen Behandlung der so mit Stetigkeit ausgestatteten projektiven Elementargebilde erster und höherer Stufe stand nun nichts mehr im Wege. Die erste Aufgabe war, die oben genannte Skala wirklich zu konstruieren; da sie grundlegend ist, setze ich die einfache Art, in der *Klein* zu ihr und zum Wert des Abstandes gelangte, hierher. Wählt man auf dem Gebilde erster Stufe (also der Geraden oder dem Strahlbüschel) die Fundamentelemente der linearen Substitution als Elemente $x_1 = 0$ und $x_2 = 0$ homogener Koordinaten und setzt $x_1/x_2 = z$, so sind $z = 0$ und $z = \infty$ die Fundamentelemente, und die lineare Substitution hat die Gleichung

$$z' = \lambda z.$$

Ihre wiederholte Anwendung liefert aus jedem Element z_1 die unbegrenzte Reihe konsekutiver Elemente

$$z_1, \lambda z_1, \lambda^2 z_1, \dots \dots \lambda^n z_1, \dots$$

und es hat das Element, dem der Zahlenwert $\lambda^n z_1$ entspricht, von z_1 den ganzzahligen Abstand n . Analog ergibt sich, falls α eine rationale Zahl ist, als Abstand des Elementes $\lambda^\alpha z_1$ von z_1 der Wert α , und gemäß dem Stetigkeitsaxiom gilt dies nun auch für irrationales α . Damit ist eine dem Kontinuum entsprechende lückenlose Skala hergestellt. Als Entfernung irgend zweier Punkte z und z' folgt noch (durch Vergleich ihrer Abstände von z_1) der Wert

$$\log z'/z : \log \lambda = c \log z'/z.$$

Der Quotient z'/z ist aber das Doppelverhältnis der Elemente z' und z mit den Fundamentelementen $z = 0$ und $z = \infty$, und das Cayleysche Resultat ist gewonnen, und sogar in verallgemeinerter Form. Als Maßunterschied zweier Elemente eines Grundgebildes erster Stufe ergibt sich der mit einer Konstanten multiplizierte Logarithmus des Doppelverhältnisses, das sie mit dem absoluten Gebilde bestimmen. Die Verallgemeinerung, die in der Konstanten c liegt, ist von wesentlicher Bedeutung; sie erst ermöglichte die große Ausdehnbarkeit der nichteuklidischen Denkweise. Ein reelles c liefert die Metrik mit zwei unendlichfernen Elementen, wie sie für die Gerade der Lobatschefskyschen Geometrie gilt; ein imaginäres c die ohne unendlichferne Elemente, die im Strahlbüschel und Ebenenbüschel jeder Geometrie gilt. Die Metrik mit einem unendlichfernen Element ergibt sich für unendlich großes c ; es bedarf dann noch eines geeigneten Grenzüberganges, um die Formel in die euklidische Abstandsformel überzuführen. Die drei so sich ergebenden Fälle hat *Klein* als *hyperbolische*, *elliptische* und *parabolische* Geometrie bezeichnet.

Die große Bedeutung dieses Tatbestandes besteht darin, daß mit ihm auch die Grundlagen für die nichteuklidische Geometrie der Gebiete höherer Stufe bereits geschaffen waren; es bedurfte nur der Ausführung im einzelnen. In der Ebene hat man einen Kegelschnitt C_2 , im

Bündel einen Kegel K_2 , im Raum eine Fläche F_2 als absolutes Gebilde zugrunde zu legen. Für jede Gerade g liefern dann ihre Schnittpunkte mit dem C_2 oder der F_2 das absolute Gebilde der auf ihr herrschenden Maßbestimmung; ebenso stellt der Schnitt einer Ebene ε mit der F_2 den absoluten C_2 für diese Ebene, der von einem Punkt P an die F_2 gelegte Tangentialkegel den absoluten K_2 für das um P herumgelegte Bündel dar usw. usw. Einer Bestimmung bedurfte noch das Gebiet der eigentlichen Punkte. Es ist dadurch festgelegt, daß die Maßbestimmung im Büschel und Bündel in allen drei Geometrien elliptischer Natur ist; ein Punkt ist also als eigentlicher nur dann zulässig, wenn das Paar der von ihm an den C_2 gelegten Tangenten oder der an die F_2 gelegte Tangentialkegel imaginär ist. Endlich ist noch einigen natürlichen Forderungen Rechnung zu tragen. An sich führt jede Wahl der Konstanten c sowie jede Wahl der quadratischen Form Ω , die gleich Null gesetzt, das absolute Gebilde darstellt, zu einer formal möglichen Geometrie. Man wird sie aber nur dann als praktisch zulässig ansehen, wenn sie bei geeigneter Wahl der Konstanten c gewisse Realitätsforderungen erfüllt; z. B. daß reellen und zugleich eigentlichen Punkten ein reeller Abstands-wert zukommt, daß der Maßunterschied zweier reellen voneinander verschiedenen Elemente nicht Null ist usw. Von dieser Forderung aus ergaben sich, genau wie bei *Riemann*, für jeden R_n immer nur drei mögliche Typen von Geometrien; die hyperbolische, die elliptische und die parabolische. Die nullteiligen und die ovalen F_2 liefern die elliptische und die hyperbolische Geometrie, und die Ausartung der F_2 in einen doppelt zu zählenden C_2 die parabolische. Ist dieser C_2 insbesondere der imaginäre Kugelkreis, so wird die parabolische Geometrie zur euklidischen.

Die Tragweite dieses einfachen Sachverhalts war zunächst die, daß von ihm aus viele Einzelsätze der nichteuklidischen Geometrien als Folgerungen von fast unmittelbarer Evidenz erschienen. Vor allem aber schlang er um Resultate, bei denen vorher gerade ihr gegensätzlicher Charakter als bemerkenswert erschienen war, das einigende Band und ließ sie als Ausdrücke einer und derselben geometrischen Gesetzmäßigkeit erkennen. Zu den Zeiten von *Gauß* hatte sich noch jeder einzelne Bearbeiter nichteuklidischer Probleme seinen eigenen Weg gebahnt; damals war es nur das Genie eines *Gauß* gewesen, das die Einzelergebnisse in die innere Beziehung zu setzen vermochte, die ihnen zukam. Selbst *Beltrami* hat noch zum Riemannschen Raum positiven Krümmungsmaßes einen etwas engen Standpunkt eingenommen¹⁾. Es ist auch verständlich, daß die im Euklidischen befangene Anschauung, der die Phantasie fehlte, aus ihm projektiv herauszutreten, zu den einfachen Vorstellungsbildern der nichteuklidischen Metrik nicht gelangen

¹⁾ Vgl. S. 293.

konnte. Alles dies hat sich mit dem Erscheinen von Kleins Arbeiten von Grund aus geändert; sie vermochten hier in gleicher Weise den Sondercharakter der Einzelresultate abzustreifen, wie es die projektive Methode lange vorher im Bereich der gewöhnlichen Geometrie getan hatte. Einige Beispiele mögen dies darlegen. Man braucht nur einen Strahlenbüschel mit einer Geraden oder ein Strahlenbündel mit einer Ebene zu schneiden, und auf sie die elliptische Geometrie des Büschels oder Bündels sozusagen perspektiv zu übertragen, um auf der Geraden und der Ebene in unmittelbar anschaulicher Form ein Bild der elliptischen Metrik zu gewinnen; insbesondere liefert noch der Schnitt der Ebene mit dem absoluten K_2 des Bündels den absoluten C_2 der ebenen Maßbestimmung. Da die oben genannte Realitätsforderung für die Konstante c im hyperbolischen Fall einen reellen, im elliptischen einen rein imaginären Wert bedingt, so wurde die im elementaren Lehrgebäude höchstens äußerlich verständliche Tatsache, daß die hyperbolische Trigonometrie aus der sphärischen durch den Übergang von einem reellen zu einem imaginären Kugelradius entspringt, mit einem Schlage durchsichtig. Ein weiteres Beispiel bildeten alle Sätze, die Kreise und Kugeln sowie ihre Ausartungen betreffen. Kreise stellen sich in allen drei Geometrien als solche Kurven zweiter Ordnung dar, die mit dem absoluten C_2 zwei Tangenten gemein haben, Kugeln als solche Flächen zweiter Ordnung, die die absolute F_2 längs eines ebenen Schnitts berühren. Ebenso durchsichtig wurde die Eigenart der Grenzlinien und Grenzflächen der hyperbolischen Geometrie sowie auch die Tatsache, daß die Maßbestimmung auf ihnen parabolischen Charakter haben muß. Ist sie doch für jeden Kreis und jede Kugel derjenigen perspektiv zugeordnet, die in dem Mittelpunkt herrscht, und diese geht, wenn der Mittelpunkt ins Unendliche rückt, in die parabolische über.

Eine grundlegende Bedeutung kam noch der Frage nach den nichteuklidischen Bewegungen zu. Und das um so mehr, als *Helmholtz* gezeigt hatte, daß man sich auch von den Bewegungen und ihren Eigenschaften aus einen gangbaren Weg zu den nichteuklidischen Theorien bahnen kann. Kleins projektiver Ausgangspunkt lieferte auch in diesem Punkt eine übersichtliche und einheitliche Antwort. Daß als Bewegungen nur gewisse projektive Transformationen der Ebene oder des Raumes in Betracht kommen konnten, war evident. Im übrigen mußte das euklidische Verhalten wieder als Modell benutzt werden, und die Ideen des Erlanger Programms mußten die Richtlinien der Untersuchung abgeben. Die Aufgabe, die sich diesem Programm gemäß stellte, war die, die Gruppen projektiver Transformationen zu finden, die in jedem einzelnen Fall die gruppentheoretische Grundlage der Metrik darstellen. Der Tatbestand für die euklidische Metrik, von dem auszugehen war, ist andererseits

der folgende: Die metrischen Eigenschaften sind kovariante Beziehungen zu den absoluten Gebilden; als Operationen, für die die Kovarianz stattfindet, kommen die Bewegungen und Umlegungen in Betracht; solcher gibt es für die Ebene ∞^3 , für den Raum ∞^6 , und jede dieser Bewegungen und Umlegungen führt das zugehörige absolute Gebilde, also Kreispunkte und Kugelkreis in sich über. Die projektiven Transformationen, die in den nichteuklidischen Fällen an die Stelle dieser Bewegungen und Umlegungen treten, müssen das absolute Gebilde gleichfalls in sich überführen. Solcher gibt es für einen C_2 ebenfalls ∞^3 , und für eine F_2 ebenfalls ∞^6 , und damit waren sie bereits als die entsprechenden nichteuklidischen Gruppen für Ebene und Raum erkannt. In bezug auf sie stellt also jede nichteuklidische metrische Eigenschaft eine kovariante Beziehung zum absoluten Gebilde dar.

Es galt jetzt nur noch, von den Operationen, die die absoluten Gebilde in sich überführen, zu den zugehörigen Bewegungen und Umlegungen für die ganze Ebene, den Bündel und den Raum, zu gelangen. Für Ebene und Bündel war die Lösung unmittelbar gegeben. Jede projektive Transformation, die den absoluten C_2 einer Ebene in sich überführt, läßt zwei seiner Punkte, P' und P'' fest; damit auch ihre Tangenten und deren Schnittpunkt O . Ist der C_2 reell, so liegt, wie im Euklidischen, eine Bewegung oder Umlegung vor, je nachdem jeder der beiden Punkte P' und P'' für sich fest bleibt, oder beide sich gegenseitig vertauschen¹⁾. Die ebene Bewegung erscheint also unter dem Bilde einer Drehung um den Punkt O ; in Verallgemeinerung des euklidischen Hauptsatzes der Kinematik. Jeder Punkt bewegt sich auf dem Kreise, der den absoluten C_2 in P' und P'' berührt.

Von besonderer Eleganz ist die Lösung des Problems in dem Fall, daß eine nullteilige F_2 das absolute Gebilde darstellt, die Metrik also von elliptischem Charakter ist. Es ist die Geometrie, die *Cliffords* phantasievoller Fläche vom Krümmungsmaß Null das Leben gab; und diese Fläche ist es auch, für die *Klein* seine Ideen gestaltete. Er knüpft dazu an die auf jeder F_2 vorhandenen Geradenscharen an. Freilich sind sie auf einer nullteiligen Fläche imaginär; aber sie sind es in einer Weise, die gerade mit ihnen als Hilfsmittel zu den reellen Bewegungen der F_2 und des Raumes führt. Sie dürfen deshalb eine nähere Ausführung beanspruchen. Sieht man zunächst von den Realitätsverhältnissen ab, so ist klar, daß diese Geraden bei jeder der ∞^6 Kollineationen, die die F_2 fest lassen, ebenfalls in sich übergehen, und zwar entweder jede Schar für sich, oder wechselweise beide ineinander. Sind λ und μ die Parameter beider Geradenscharen, so entsprechen

¹⁾ Im elliptischen Fall kann man Umlegungen und Bewegungen nicht unterscheiden. Hierauf wies *Study* hin; *Math. Ann.* 39, S. 501.

die Bewegungen insbesondere denjenigen Substitutionen, die in den Gleichungen

$$\lambda' = \frac{\alpha\lambda + \beta}{\gamma\lambda + \delta}, \quad \mu' = \frac{\alpha_1\mu + \beta_1}{\gamma_1\mu + \delta_1}$$

ihren Ausdruck finden; ihr einfachster Typus ist offenbar derjenige, der nur λ oder nur μ transformiert. Wird nur λ transformiert, so geht jede μ -Gerade in sich über; die λ -Geraden vertauschen sich untereinander, aber so, daß zwei von ihnen, l_1 und l_2 , fest bleiben, und zwar Punkt für Punkt. Die μ -Geraden erscheinen also als Strahlen einer gewissen Kongruenz, die die Geraden l_1 und l_2 als Leitlinien besitzt, und es bewegt sich jede μ -Gerade in sich. Damit ist auch bereits die allgemeine Bewegung des Raumes ersichtlich, die dieser Bewegung der F_2 in sich entspricht; sie kann nur eine solche sein, bei der jeder Strahl der eben genannten Kongruenz in sich gleitet. Die zugehörige projektive Transformation ist also eine windschiefe Perspektive. Klein bezeichnet sie als *Schiebung*. Alle Punkte rücken auf ihren μ -Strahlen um das nämliche Stück φ fort, und ebenso dreht sich zugleich jede Ebene um den in ihr liegenden μ -Strahl um diesen Winkel φ ; der Sinn dieser Drehung ist bei den λ -Strahlen und μ -Strahlen ein entgegengesetzter. Dies führt noch zu der eigenartigen Folgerung, daß man die Schiebungen als nichteuklidische Schraubungen auffassen kann, für die jeder der ∞^2 Kongruenzstrahlen eine Schraubenaxe darstellt.

Der Reiz dieser einfachen Lösung besteht nun insbesondere darin, daß die so eingeführten Schiebungen bei den nullteiligen Flächen reell ausfallen. Bei ihnen besteht nämlich jede Geradenschar in Kleinscher Ausdrucksweise aus hochimaginären Geraden, da sie ja einen reellen Punkt nicht enthalten können; doch so, daß in der einzelnen Schar zu jeder Geraden auch ihre konjugiert imaginäre auftritt. Dies bewirkt, daß die Geraden l_1 und l_2 ebenfalls konjugiert imaginär sind. Damit ist aber die zugehörige Kongruenz, also auch die ihr entsprechende Schiebung als eine reelle erkannt; und es folgt weiter noch, daß von den beiden λ - und μ -Schiebungen die eine rechtsgewunden, die andere linksgewunden ist.

Es ist heute nicht ganz leicht, den außerordentlichen Eindruck abzuschätzen, den Kleins Aufsätze aus den Annalenbänden 4 und 6 ausgelöst haben mögen. Die Zahl der an sie unmittelbar anknüpfenden Arbeiten ist freilich keine große; hatte er doch die Einzelfolgerungen für Ebene und Raum in der Hauptsache schon selbst gezogen. Von jüngeren Gelehrten, die sich sofort von seinen Ideen fesseln ließen, und seine Resultate weiterführten, nenne ich besonders Lindemann¹⁾ und d'Ovidio²⁾. Beide dehnten alsbald die nichteuklidischen Maßbegriffe auf den Linien-

raum aus auf der Grundlage, die schon im Erlanger Programm enthalten war. Lindemann stellte außerdem die Kinematik und die Kräftelehre auf nichteuklidischer Grundlage dar und zeigte, wie die von Chasles, Poinso^t und Möbius gefundenen Sätze über unendlichkleine Bewegungen sich sinngemäß nichteuklidisch übertragen. Seine Resultate fesseln insbesondere dadurch, daß im Nichteuklidischen auch für die Metrik eine volle Dualität für Abstand und Winkel besteht. Translation und Rotation sind hier völlig gleichwertig; eine Translation ist zugleich eine Rotation um ihre Polare bezüglich der absoluten F_2 und umgekehrt. Die analoge Dualität gilt in der nichteuklidischen Statik für Einzelkraft und Kräftepaar¹⁾. In den letzten Jahrzehnten hat die projektive Auffassung des Nichteuklidischen auch auf die Lösung von Einzelproblemen vielfach fördernd eingewirkt. Die Hauptwirkung der Kleinschen Arbeiten besteht aber darin, daß sie allmählich das ganze nichteuklidische Denken mit projektivem Geist erfüllten; ebenso haben umgekehrt die nichteuklidischen Gedankenkreise befruchtend auf die projektiven Probleme eingewirkt. Seit geraumer Zeit ist nichteuklidisches und projektives Denken zu einer untrennbaren Einheit verschmolzen. Probleme von großer Tragweite und Fruchtbarkeit sind in den letzten Jahrzehnten in diesem Sinne erdacht und gelöst worden; es mag genügen, an die sehr allgemeinen und weittragenden Resultate zu erinnern, die Study über den Linienraum und seine nichteuklidischen Eigenschaften gewonnen hat. Sie sind durchaus aus der von Klein gestreuten Saat erwachsen.

Einige Einzelfragen, die Klein selbst in den Kreis seiner Betrachtung gezogen hat, mögen hier noch zu kürzerer Erörterung gelangen:

1. Ein großer Erfolg des Kleinschen Ansatzes war die volle Einordnung der Riemannschen Gedankengänge in den Rahmen des projektiven Schließens. Den Riemannschen Ausgangspunkt bildet der Zahlenraum und die definite quadratische Differentialform, die das Linienelement bestimmt. Da bei Klein gleichfalls eine quadratische Form Ω als fundamentales Gebilde zugrunde liegt, so springt die analytische Gleichartigkeit des Ausgangspunktes sofort in die Augen. Die Aufgabe war also nur, den Weg zu finden, der die innere Übereinstimmung der Problemstellung ins Licht setzen konnte. Klein erschuf dazu den Begriff der Berührung zweier Maßbestimmungen. Liegt nämlich irgendeine allgemeine Maßbestimmung vor, so kann man eine parabolische so wählen, daß sie in der Umgebung eines Punktes P mit der um ihn herum herrschenden infinitesimal übereinstimmt, und diese Umgebung ist um so größer, je größer der Wert der Konstanten c ist. Dies Verhältnis beider

¹⁾ Math. Ann. Bd. 7 (1873) S. 56.

²⁾ Ann. di Mat. (2) Bd. 6 (1873), S. 72, und Math. Ann. 12 (1877) S. 403. Hier werden die Maßfunktionen des nichteuklidischen R_n eingehender erörtert.

¹⁾ Einige Anwendungen auf die Dynamik gab Klein selbst in seinen autographierten Vorlesungen.

Maßbestimmungen nennt *Klein* eine Berührung und die Stärke der Abweichung der allgemeinen von der speziellen ihre *Krümmung*. Bedeutung und Berechtigung dieser Begriffe — und das ist naturgemäß das Entscheidende — beruhen aber darauf, daß als Maß der Krümmung genau der Ausdruck des Gaußschen Krümmungsmaßes eingeführt werden konnte. Ein jeder R_n kann also, je nachdem man in ihm eine hyperbolische, elliptische oder parabolische Maßgeometrie zugrunde legt, als Mannigfaltigkeit von konstantem negativem, positivem oder verschwindendem Krümmungsmaß angesehen werden. Damit war zunächst einmal der Anschluß an die Riemannsche Auffassung auf projektiver Grundlage erreicht. Dieses Ergebnis enthielt bereits *Kleins* erster Artikel. Den zweiten Schritt, die volle Verschmelzung des Riemannschen Ausgangspunktes mit dem projektiven, brachte das Erlanger Programm. Er stützt sich auf die gruppentheoretische Deutung, deren *Beltrami*s Arbeiten über die geodätischen Linien der \mathcal{M}_n konstanter Krümmung fähig waren. *Beltrami* hatte zweierlei gezeigt. Erstens sind diese geodätischen Linien bei geeigneter Wahl der Koordinaten durch lineare Gleichungen darstellbar, und zweitens finden Bewegungen dieser \mathcal{M}_n in sich in linearen Transformationen dieser Koordinaten ihren analytischen Ausdruck. Damit war die Gruppe, die die metrische Geometrie der Mannigfaltigkeiten konstanter Krümmung stützt, als eine Untergruppe der Gesamtgruppe aller linearen Transformationen erkannt, und damit einer Untergruppe der projektiven Gesamtgruppe ähnlich. Da ferner die Cayleysche Maßbestimmung, wie oben erwähnt, als Maßbestimmung in einem Raum konstanter Krümmung gedeutet werden kann, so muß diese Untergruppe auch die nämliche sein, die Cayleys projektiver Auffassung der Metrik zugrunde liegt.

2. *Beltrami*s Sätze über die geodätischen Linien auf den Flächen konstanter Krümmung \mathcal{K} ließen diese Linien als gleichwertig mit den Geraden der Ebene erscheinen. Dies hatte aber in einem wichtigen Punkt versagt. Auf der Kugel schneiden sich größte Kreise in zwei Punkten; ferner laufen durch zwei diametrale Punkte unendlich viele von ihnen; *Beltrami* schien es daher nötig, für die elliptische Geometrie Ausnahmen von den Axiomen des Schneidens und Verbindens zuzulassen. Dies hat die richtige Auffassung längere Zeit behindert. Das Fehlen der geodätischen Parallelen auf den Flächen $\mathcal{K} > 0$ veranlaßte *Beltrami* sogar, diese Flächen als Objekte geringeren Interesses anzusehen. Da es in jeder Mannigfaltigkeit \mathcal{M}_n vom Krümmungsmaß $\mathcal{K} < 0$ geodätische Kugeln (\mathcal{M}_{n-1}) von positivem \mathcal{K} gab, so meinte er, die Geometrie der Mannigfaltigkeiten $\mathcal{K} > 0$ sei in der Geometrie derer für $\mathcal{K} < 0$ enthalten und bedürfe deshalb keiner eigenen Untersuchung. Das war nach *Riemann*, aber vor *Klein*. Aber der Über-

gang vom Beltramischen Bilde zur Sache selbst deckte sofort die Quelle des Irrtums auf. Der Bündel, als Ort seiner Ebenen und Strahlen, und zwar der ungerichteten Vollstrahlen, stellt das eigentliche elliptische Grundgebilde zweiter Stufe dar; in ihm ist die Geltung der Axiome des Schneidens und Verbindens ausnahmslos realisiert. Der Fehler des Beltramischen Bildes entstand dadurch, daß die Beziehung zwischen den durch das Kugelzentrum laufenden Bündelstrahlen und den Kugelpunkten eine einzuweidutige ist; um ein eindeutiges Bild zu erhalten, darf man also nur die Halbkugel verwenden. *Klein* hat den Sachverhalt auch noch auf andere Weise zu veranschaulichen gewußt; er wies darauf hin, daß hier dieselben Unterschiede obwalten, wie bei den einseitigen und zweiseitigen Flächen. Die Kugel ist eine zweiseitige Fläche, die projektive Ebene dagegen, die in dieser Hinsicht dem Bündel — als sein eindeutiges projektives Abbild — gleichwertig ist, eine einseitige; und das gleiche gilt von der hyperbolischen Ebene. Man kann aber beide in eine kugelartige zweiseitige Fläche übergehen lassen, indem man sie aus einem doppelten Blatt bestehen läßt, und dann beide Blätter durch Aufbauschen voneinander trennt, während sie längs des zugehörigen C_2 verbunden bleiben.

3. Der Riemannsche Ausspruch, daß die Unbegrenztheit des Raumes seine Unendlichkeit nicht nach sich zieht, hatte alsbald seine große Wirkung auf das mathematische Denken ausgeübt; seine natürliche Würdigung fand aber auch er erst, als die projektive Auffassung der Dinge das Verständnis für ihn erschloß, und den Büschel und den Bündel als einfachste elliptische Raumformen hinstellte. Nachdem es erschlossen war, wurde die elliptische Geometrie gerade diejenige, die erhöhten Reiz auszuüben vermochte; durch die volle Harmonie ihres geometrischen Verhaltens, die die Dualität nicht nur für die Sätze des Schneidens und Verbindens, sondern auch für die Metrik im Gefolge hat. Dieser Reiz war es sicher auch, der *Clifford* zu seiner berühmten Fläche führte, die er *Klein* 1873 vorführte, und für die er *Klein* mit der gleichen Wärme zu erfüllen wußte, die ihn selbst beseelte. Die Hauptleistung von *Clifford* war die, daß er dem Begriff paralleler Geraden auch in der elliptischen Geometrie eine Existenz schuf und damit die Lücke ausfüllte, die *Beltrami* als einen ihrer Mängel empfunden hatte. Er behielt vom euklidischen Parallelismus die Eigenschaft bei, die metrischer Natur war; nämlich die, daß jeder Punkt der einen Parallelen von der anderen gleichen Abstand besitzt. Diese Parallelen genügten auch dem Satz, daß eine Gerade, die zwei von ihnen trifft, gleiche Winkel mit ihnen bildet. Mit ihnen hat er seine phantasievoll erdachte Fläche erschaffen. Sie ist vom Krümmungsmaß Null; auf ihr gilt die ebene Geometrie für ein begrenztes Parallelogramm in der Weise, daß

man seine Gegenseiten als identisch anzusehen hat.

Cliffords früher Tod hat eine eingehende Darstellung seiner Resultate verhindert. Das ausführliche Werk von *Killing* über die nichteuklidischen Raumformen, das 1885 erschien, hatte die Fläche nicht erwähnt, und dies veranlaßte *Klein*, alsbald eine eigene Erörterung der Fläche zu geben. Er gelangt zu ihr mittels der Schiebungen, die oben als die einfachsten Bewegungen des elliptischen Raumes auftraten. Die ihnen entsprechenden Kongruenzstrahlen sind die Cliffordschen Parallelen. Im hyperbolischen Fall sind sie imaginär, im elliptischen dagegen reell, und das bedingt ihre Verwendbarkeit gerade für den Fall, daß das absolute Gebilde eine nullteilige Fläche F_2 ist. Die Cliffordsche Fläche ist eine Regelfläche Φ_2 , die mit F_2 ein windschiefes Vierseit gemein hat; jede ihrer beiden Geradscharen besteht aus Cliffordschen Parallelen der einen und der andern Art. Die Fläche gestattet daher beide Arten von Schiebungen; bei jeder Schiebung sind die einen Erzeugenden die Bahnkurven und die andern vertauschen sich unter sich. Jedes auf ihr gelegene Vierseit spielt daher völlig die Rolle eines ebenen Parallelogramms. Die Zerlegbarkeit in lauter unendlichkleine Parallelogramme von konstantem Winkel φ und gleichem Flächeninhalt ergibt unmittelbar, da die Gesamtlänge der Geraden den Wert π hat, für ihren Gesamthalt den endlichen Wert $\pi^2 \cos \varphi$.

Von der phantasievollen Eigenart der Cliffordschen Fläche strahlte auch sonst noch erhellendes Licht aus. Es erscheint verständlich, daß man die Flächen von konstantem \mathfrak{K} zunächst als einfache geschlossene Mannigfaltigkeiten betrachtete und meinte, die Beweglichkeit der auf ihnen vorhandenen Figuren über die Fläche hin führe auch die Flächen als Ganzes in sich über. Beides hat sich als Irrtum erwiesen. Die Cliffordsche Fläche geht als Ganzes nur durch die ∞^2 möglichen Schiebungen in sich über; andere Bewegungen in sich gestattet sie nicht; insbesondere zeigt der Umstand, daß ihre von einem Punkt auslaufenden geodätischen Linien teils geschlossen, teils ungeschlossen sind, daß keine Drehung um einen ihrer Punkte möglich ist. Dagegen läßt sich jedes Parallelogramm, wie überhaupt jede begrenzte Figur, auf ∞^3 Arten auf ihr verschieben. Den inneren Grund bilden ihre Zusammenhangsverhältnisse. Will man eine Zylinderfläche auf die Gesamtebene abwickeln, so muß man sie mit unendlich vielen Blättern bedecken; jedem Blatt entspricht in der Ebene ein Parallelstreifen. Ganz Analoges gilt für die Cliffordsche Fläche. Aus ihrer Endlichkeit folgerte schon *Clifford*, daß sie, längs zweier von demselben Punkt ausgehender Erzeugenden aufgeschnitten, einfach berandet und einfach zusammenhängend wird und auf ein Rhombus abgewickelt werden kann. Das unendliche Netz, das aus diesem Rhombus in der Ebene entsteht, ist dann ein Bild

der mit unendlich vielen Blättern bedeckten Fläche, und alle diese Blätter gehen wie beim Zylinder glatt ineinander über. Die Eigenart des elliptischen Raums besteht aber darin, daß das Zurücklaufen der Fläche in sich hier auf verschiedene Art möglich ist. Weiter kann man aber auch das Rhombus in gewohnter Weise zu einer Ringfläche zusammenbiegen und erhält damit eine neue Veranschaulichung der Zusammenhangsverhältnisse.

Damit war von selbst ein neues Problem entstanden; man hatte die nichteuklidischen singularitätenfreien Raumformen auf ihren Zusammenhang zu untersuchen. Für die Flächen $\mathfrak{K} > 0$ hatte schon *Killing* ein hierhergehöriges Resultat abgeleitet. Reelle Arten — denn nur auf solche kommt es an — gibt es nur zwei; sie finden im Bündel und in der Kugel ihre einfachsten Vertreter und entsprechen, wie schon erwähnt wurde, der einseitigen und zweiseitigen Flächengattung. Als mögliche zweidimensionale Raumformen $\mathfrak{K} = 0$ erkannte *Klein* außer den oben genannten zweiseitigen Flächen, nämlich der aus der Cliffordschen Fläche entstehenden Ringfläche und der Zylinderfläche, nur noch eine einseitige; man kann eine Ringfläche nämlich so deformieren, daß sie diese Doppelfläche beiderseits überzieht. Raumformen $\mathfrak{K} < 0$ existieren dagegen unendlich viele. Ringfläche und Zylinderfläche entstehen aus dem Parallelogramm und dem Parallelstreifen der euklidischen Ebene durch Zusammenbiegung und damit aus solchen Flächenstücken, die den Fundamentalbereich der doppelt und einfach periodischen Funktionen bilden. Andere Möglichkeiten werden durch die geforderte Zusammenbiegung ausgeschlossen. Ganz analog entstehen die Raumformen $\mathfrak{K} < 0$ aus entsprechenden Polygonen der hyperbolischen Ebene, also aus solchen Teilungen der hyperbolischen Ebene in kongruente Polygone, die durch unendlich viele hyperbolische Bewegungen in sich übergehen, und damit den Fundamentalbereich einer reell automorphen Funktion abgeben. *Kleins* Problemstellung hatte noch den Erfolg, *Killing* zur Weiterführung seiner Untersuchungen anzuregen¹⁾. Er fand, daß es in jedem R_n für $\mathfrak{K} > 0$ und für gerades n immer nur die zwei Raumformen gibt, die für $n = 2$ in der Kugel (dem sphärischen Raum) und im Bündel verkörpert sind. Für ungerades n gibt es dagegen noch weitere solche Raumformen.

4. Die Beziehung des Nichteuklidischen zu den automorphen Funktionen hat sich im vorstehenden bereits eingestellt. *Klein* hat auf diese Zusammenhänge als Quelle fördernder Erkenntnis stets mit Wärme und Nachdruck hingewiesen. Freilich handelt es sich hier in erster Linie um eine Geometrisierung analytischer Dinge. Jegliche Geometrisierung dient aber nicht nur der allseitigen Durchleuchtung eines Problems und der Erkenntnis seines Zu-

¹⁾ Math. Ann. 39 (1891) S. 257.

sammenhangs mit den geometrischen Fragen; sie bietet oft den Vorteil, dem Lernenden eine bequeme Eingangspforte zu öffnen, und kann auch vertiefend, problem erzeugend und erfolg fördernd wirken. Und so ist es im Gebiet der automorphen Funktionen vielfach gewesen. Ihre nahe Beziehung zur Geometrie *Lobatschefskys* hatte auch *Poincaré* in seinen ersten Arbeiten schon gestreift¹⁾. Das Erlanger Programm zeigt aber, daß *Klein* schon im Beginn seiner Forscher-tätigkeit die geometrische Deutung der linearen Substitutionen einer komplexen Variablen auf der Kugel bewußt und vollwertig erfaßt hatte; er erkannte in ihnen sowohl die Kugeldrehungen, wie auch allgemeiner — was sich bei dem projektiven Charakter dieser Dinge direkt ergab — die Ausdrücke der nichteuklidischen Bewegungen, die die Kugel in sich überführen²⁾. Jede Teilung der Kugel in Bereiche, die bei einer Gruppe von solchen Bewegungen in sich übergehen, liefert daher eine automorphe Funktion. Die von *Fricke* gegebene Aufzählung der möglichen Fundamentalbereiche im Falle einer endlichen Anzahl erzeugender Operationen ist als ein besonderer Erfolg der Kleinschen Ideen anzusehen. Als Ergebnis von besonderem Interesse sei noch erwähnt, wie die einzelnen Gattungen automorpher Funktionen den verschiedenen Maßbestimmungen entsprechen, die man zugrunde legt. Dazu muß daran erinnert werden, daß eine Maßbestimmung auf einer F_2 nur so möglich ist, daß man sie als Teil einer räumlichen Maßbestimmung einführt, und zwar in der Weise, daß eine Ebene des Raumes und ihr Pol P bezüglich der F_2 festbleibt; die im Bündel um P vorhandene Maßbestimmung überträgt sich dann perspektiv auf die Fläche. Je nachdem man nun den Punkt P außerhalb, auf oder innerhalb der Kugel wählt, wird die auf ihr entstehende Maßbestimmung hyperbolisch, parabolisch oder elliptisch. Der elliptische Fall führt auf die Gruppen der regelmäßigen Körper. Der parabolische Fall führt zu den doppelt- und einfach-periodischen Funktionen, und der hyperbolische auf die eigentlich automorphen. Die einfachste Wahl der Ebene ist in diesem Fall die, daß man sie eine Durchmesserebene sein läßt; das aus ihrem Pol P_∞ strahlende orthogonale Parallelstrahlenbündel erzeugt dann auf der Kugel die Orthogonalkreise des Äquators, und deren Projektionen auf die Äquatorebene liefern die Teilungen der reell automorphen Funktionen. Um zu den allgemeinsten automorphen Funktionen zu gelangen, hat man zu der hyperbolischen Maßbestimmung des Gesamtraumes überzugehen, die durch die Teilungen der Kugeloberfläche bedingt ist.

5. Endlich sei erwähnt, daß *Klein* auch die

Relativitätstheorie mit nichteuklidischen Auffassungen in Beziehung gesetzt hat¹⁾. Geht man von den rechtwinkligen Koordinaten x, y, z und t aus und schreibt in homogener Form

$$x = x_1/x_5, \quad y = x_2/x_5, \quad z = x_3/x_5, \quad t = x_4/x_5,$$

so daß $x_5 = 0$ das „Unendlichferne“ der Raumwelt darstellt, so hängen neue und alte Mechanik mit den zwei ausgearteten quadratischen Formen $u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 = 0$ und $u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2/c = 0$ zusammen, die in Punktkoordinaten durch die Gleichungen

$$\text{I. } x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 0, \quad x_4 = 0, \quad x_5 = 0,$$

$$\text{II. } x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = 0, \quad x_5 = 0$$

dargestellt sind. Ihre Invariantentheorie und die Bestimmung der Gruppe der linearen Transformationen, die die Gleichungen I und II und zugleich die Maßunterschiede unverändert lassen, ist dann kurzgesprochen die gruppentheoretische Grundlage der alten und der neuen Mechanik. Die Bestimmung dieser Gruppen liefert in der Tat das physikalisch geforderte Ergebnis und damit die Einordnung der klassischen und der modernen Mechanik in das Schema der projektiven Maßbestimmung für die vierdimensionale Raumwelt.

Bald 50 Jahre sind vergangen, seitdem die Welt die Einwirkung von *Kleins* nichteuklidischen Ideen an sich erfahren hat. Eine neue Generation in Wissenschaft und Schule ist seitdem herangewachsen. Die Wissenschaft hat sich allmählich ganz mit dem Gehalt dieser Ideen erfüllt; aber auch Lehrerschaft und Schule haben inzwischen seines Geistes einen Hauch verspürt. Angriffe, wie sie vor einigen Jahrzehnten von seiten einzelner Kreise gegen die mathematische „Afterweisheit“ gerichtet wurden, sind heute verstummt. Daß sehen kann, wer sehen mag, bedarf keiner Bekräftigung; wichtiger ist und erfreulicher für die Wissenschaft, wie für *Klein* selbst, daß die große Mehrzahl derer, die dazu berufen sind, auch sehen wollen. Dem ruhigen Beschauer, der an den Sieg der Vernunft glaubt, die in den Dingen steckt, kann der fortschreitende Entwicklungsgang nicht zweifelhaft sein. Möge dieses Bewußtsein dem Lebensabend dessen, der sein ganzes Leben hindurch auch für Reform und Hebung des Unterrichts fördernd und klärend eingetreten ist, einer seiner freundlichen Begleiter sein.

Die Bedeutung des Erlanger Programms.

Von Prof. Dr. C. Carathéodory, Berlin.

1. Das 19. Jahrhundert kann in gewisser Hinsicht als das Jahrhundert der Geometrie bezeichnet werden, weil sich damals die reine Geometrie,

¹⁾ Acta math. Bd. 1, S. 8 (1882) und Bd. 3 (1883) S. 56.

²⁾ Aus dem Gaußschen Nachlaß weiß man jetzt, daß die Formel für die Drehungen ihm wohlbekannt war; Werke, Bd. 8, S. 355.

¹⁾ Jahresber. d. Deutsch. Math. Ver. 19 (1910), S. 281. Vgl. auch noch eine neuere Bemerkung in Bd. 27, Abteilung 2, S. 43, die an den Gedanken anschließt, die Raumwelt als Mannigfaltigkeit $\mathfrak{R} > 0$ zugrunde zu legen.

die mehrere Generationen vernachlässigt worden war, plötzlich zur höchsten Blüte entfaltete. Die Bewegung geht von *Monge* aus und hängt mit der französischen Revolution zusammen, die nicht nur diesen Geometer von dem Zwange befreite, die darstellend-geometrischen Methoden, die er schon längst erdacht hatte, als militärisches Geheimnis zu hüten, sondern auch die *Ecole Polytechnique* gründete, aus der — trotz ihres praktischen Zweckes — so viele Mathematiker ersten Ranges hervorgegangen sind.

Die Früchte des vielseitigen Unterrichts von *Monge* ließen nicht auf sich warten; wir verdanken einerseits seinem Einflusse die allmähliche Entwicklung des Dualitätsprinzips und die projektive Geometrie, die *Poncelet* in den Jahren der Kriegsgefangenschaft an der Wolga nach dem unglücklichen russischen Feldzuge Napoleons geschaffen hat, während andererseits das Buch von *Monge* selbst „*Feuilles d'analyse appliquée à la géométrie*“ (1795) die Grundlage zur späteren Flächentheorie bildete.

Die Pflege der Geometrie verbreitete sich mit großer Schnelligkeit über ganz Europa, vor allem in Deutschland, wo *Möbius* (1827), *Plücker* (ca. 1834), *Steiner* (ca. 1833), v. *Staudt* (1847), *Kummer*, um nur diese zu nennen, in kurzer Aufeinanderfolge die projektiven Koordinaten, die synthetische Geometrie, die Liniengeometrie, die Kreis- und Kugelgeometrie, die Theorie der algebraischen Flächen und noch anderes mehr entweder begründet oder in hohem Maße gefördert haben.

Eine zweite, von der ersten unabhängige Welle geht von *Gauß* aus, der in seiner Arbeit „*Disquisitiones generales circa superficies curvas*“ (1827) die eigentliche Flächentheorie begründet hat. Diese Arbeit bildet außerdem die Grundlage zu den Untersuchungen von *Riemann* (1854, 1861) über die Krümmung der Räume, die heute in der Einsteinschen Gravitationstheorie eine so große Rolle spielen.

Im Jahre 1829 wurde ferner von *Lobatschewsky* und kurz darauf (1832) von *J. Bolyai* die nicht-Euklidische Geometrie entdeckt und, indem die Unabhängigkeit des Parallelenaxioms von den übrigen geometrischen Axiomen allen Mathematikern klar wurde, ein Problem gelöst, das seit dem Altertum berühmt war¹⁾. *Gauß* und besonders *Riemann*, der in den schon erwähnten Arbeiten eine zweite Art nicht-Euklidischer Geometrie entdeckte, sind in diesem Zusammenhange auch zu nennen.

Als vierten Hauptpunkt muß man die Quaternionentheorie *Hamiltons* (1843) nennen, die eine Invariantentheorie der Bewegungen des Euklidischen Raumes enthält, und die Aus-

dehnungslehre *Graßmanns* (1844, 1865), in der zum ersten Male die Geometrie der mehrdimensionalen Räume begründet wird.

In den Jahren 1850—1870 entwickelten sich außerdem die algebraischen Methoden der Invariantentheorie, die man als den eigentlichen Schlüssel der modernen analytischen Geometrie ansehen muß, unter den Händen von *Cayley*, *Sylvester*, *Aronhold*, *Clebsch* und vielen anderen und bildeten allmählich eine umfangreiche Disziplin.

Endlich kann man die Analysis Situs nicht unerwähnt lassen, d. h. denjenigen Teil der Geometrie, der den Zusammenhang der geometrischen Figuren unabhängig von ihrer Gestalt erforscht, und der im Keime schon bei *Euler* zu finden ist, aber erst durch die Arbeiten von *Listing* (1847), *Möbius* (1863) und vor allem durch die funktionentheoretischen Gedanken *Riemanns* (1851, 1857) eine Wissenschaft für sich geworden ist.

2. Am Anfang der siebziger Jahre hatte sich also die Geometrie nach so vielen, scheinbar einander ganz fremden Richtungen entwickelt, daß es schien, sie könnte in mehrere getrennte Zweige zerfallen, um so mehr, als die Spezialisten sich vielfach bemühten, überall zwischen den verschiedenen Gebieten trennende Mauern zu errichten.

Um so berechtigteres Aufsehen erweckte der Aufsatz von *F. Klein* „Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen“, der zuerst als Programm zum Eintritt in die philosophische Fakultät zu Erlangen im Jahre 1872 erschien¹⁾, und in dem auf dem einfachsten Wege, fast spielend, ein gemeinsames Band um sämtliche Arten von Geometrien geschlungen wurde und noch dazu zum ersten Male die Frage „Was ist eine Geometrie?“ zugleich gestellt und beantwortet wird.

Diesen großen Erfolg verdankte *Klein* dem glücklichen Gedanken, die Idee der Gruppe an die Spitze seiner Überlegungen zu stellen. Der abstrakte Begriff einer Gruppe ist verhältnismäßig neueren Datums²⁾. Er wurde durch

¹⁾ Wiedergedruckt in den *Mathematischen Annalen* Bd. 43 p. 63 (1893), außerdem in italienischer und französischer Übersetzung in den *Annali di Matematica* (2) t. 17 (1890), *Annales de l'Ecole Normale* (3) t. 8 (1891).

²⁾ Eine Gesamtheit von geometrischen Operationen bildet eine Gruppe, wenn sie alle Operationen enthält, die entstehen, wenn man zwei beliebige unter den gegebenen Operationen hintereinander ausführt, und wenn sie zugleich mit jeder Operation auch ihre Inverse enthält.

Man macht sich mit dem Begriff der Gruppe am besten durch möglichst einfache Beispiele vertraut. Betrachten wir z. B. Drehungen um einen Punkt der Ebene; die zwei Drehungen um 90° und 180° bilden keine Gruppe, weil man, wenn man sie hintereinander ausführt, eine dritte, von den beiden ersten verschiedene, Drehung um 270° erhält. Dagegen bilden die vier Drehungen um 0° , 90° , 180° und 270° eine Gruppe. Die beiden Drehungen um 90° und 270° sind jede zu der anderen invers; wenn man sie nacheinander ausführt, kehrt nämlich jeder Punkt in seine ursprüngliche Lage zurück, sie ergeben bei Zusammensetzung

³⁾ Ein lückenloser Beweis dieser Unabhängigkeit ist erst viel später erfolgt, wohl zuerst durch die Untersuchungen von *Beltrami* über Flächen konstanter Krümmung (1869) und vor allem durch die weiter unten erwähnten Arbeiten von *Klein*.

Lagrange (1770) und vor allem Galois (1832) bei ihren Untersuchungen über algebraische Gleichungen geprägt, und erst später, z. B. durch C. Jordan (1868), auch auf das geometrische Gebiet übertragen. Man kann andererseits aber wohl sagen, daß jeder Geometer, von Euklid ab, der die Bewegungsgruppe des Raumes am Anfang seines ersten Buches wiederholt benutzt, in seinem Unterbewußtsein mit der einen oder anderen Gruppe operiert hat. Dies ist z. B. bei Möbius in hohem Maße der Fall gewesen.

Für Klein aber ist die Gruppe nicht bloß ein Instrument, um neue Sätze zu finden, sondern sie bildet das wahre Wesen der Geometrie. Eine Geometrie entsteht erst, wenn man neben der räumlich ausgedehnten Mannigfaltigkeit noch eine Gruppe von Transformationen dieser Mannigfaltigkeit in sich vorgibt; und jeder Gruppe entspricht eine besondere Geometrie.

So wurde mit einem Schlage der Unterschied klar, der zwischen den verschiedenen Geometrien, die sich sozusagen zufällig entwickelt hatten, besteht, und zugleich ein Mittel gegeben, um alle möglichen Geometrien systematisch aufzustellen und zu untersuchen. Genau so, wie wenn die Sonne durch die Wolken bricht und alle Gegenstände einer weiten Landschaft plötzlich beleuchtet, wurden viele Beziehungen sichtbar, die zwischen den verschiedenen Theorien bestehen und bis dahin mit wenigen Ausnahmen unbemerkt geblieben waren. Es ist nicht möglich, den Gedanken von Klein knapper und besser darzustellen und ihn mit vielseitigeren Beispielen zu beleben, als er es selbst in seiner Abhandlung getan hat. Man muß die Schrift selbst lesen, die heute, nach fast fünfzig Jahren, ebenso fesselnd und frisch wirkt, wie am ersten Tage ihres Erscheinens.

Klein war nur dreiundzwanzig Jahre alt, als er die „Vergleichenden Betrachtungen“ veröffentlichte; aber er hatte schon Gelegenheit gehabt, mit den meisten unter den besten Geometern seiner Zeit in Berührung zu kommen. Er war

die Drehung um 0° , die Identität. Ebenso sind die Drehungen um 0° und 180° sich selbst invers. Ähnlich sieht man, daß die Gesamtheit aller möglichen Drehungen um einen festen Punkt der Ebene eine Gruppe bilden. Die zuerst betrachtete Gruppe, die nur aus einem Teil der Operationen der zweiten Gruppe besteht, nennt man eine Untergruppe dieser.

Die Translationen der Ebene (oder des Raumes) bilden ebenfalls eine Gruppe, weil zwei Translationen hintereinander ausgeführt wiederum eine Translation ergeben. Die Inverse einer beliebigen Translation ist wieder eine Translation, welche dieselbe Richtung, denselben Betrag und den entgegengesetzten Sinn hat.

Ich erwähne noch einige geometrische Gruppen: die Gesamtheit der Bewegungen des Raumes, die eine Ebene, oder eine gerade Linie, oder eine Schraubenlinie, oder eine Kugel, oder einen der fünf regulären Körper mit sich zur Deckung bringen. Die Gesamtheit der Transformationen der Ebene, die gerade Linien in gerade Linien überführen, oder die — wie die Transformation durch reziproke Radien — jeden Kreis und jede Gerade entweder in einen Kreis oder in eine gerade Linie transformiert.

in Bonn Assistent von Plücker gewesen, hatte in Göttingen intim mit Clebsch verkehrt und war in der Zwischenzeit im Winter 1870 mit seinem Jugendfreunde S. Lie in Paris gewesen, wo er C. Jordan kennen lernte und ganz besonders mit G. Darboux lebhaft Beziehungen anknüpfte, die der damalige Krieg nur für kurze Zeit unterbrach. So kam es, daß er trotz seiner Jugend in der Lage war, das Erlanger Programm zu verfassen, ein Programm im wahren Sinne des Wortes, das von seinem Autor einen vollständigen Überblick über die gesamte Geometrie seiner Zeit erforderte.

Im Erlanger Programm ist zum erstenmal eine Tendenz zutage getreten, die später für alle Arbeiten Kleins maßgebend geworden ist, und die darin bestand, den Zusammenhang entfernt liegender Gebiete aufzudecken und auf diese Weise neue fruchtbare Forschungsmöglichkeiten zu schaffen. Dadurch hat Klein mehr als irgend ein anderer im Gebiete der Mathematik dazu beigetragen, die Gefahren der durch eine zu große Spezialisierung hervorgerufenen Zersplitterung der Wissenschaft zu überwinden.

Auch war es kein reiner Zufall, daß Klein in seiner Schrift dem Begriff der Gruppe eine so maßgebende Rolle zuschrieb. Hatte er doch schon sehr früh im wechselseitigen Verkehr mit Lie die fundamentale Bedeutung der Gruppentheorie für die gesamte Mathematik eingesehen, eine Überzeugung, die während des Pariser Aufenthaltes der beiden Freunde nur bekräftigt werden konnte, da auch dort z. B. C. Jordan die letzte Hand an sein „Traité des Substitutions“ legte, das erste Lehrbuch über die Theorie endlicher Gruppen.

3. Das Erlanger Programm enthält aber noch mehr als diesen einen Hauptgedanken, durch den die Bedeutung der Gruppe für die Geometrie festgelegt worden ist. Plücker hatte nämlich gelehrt, wie man nicht nur die Punkte, sondern beliebige algebraische Gebilde durch endlich viele „Koordinaten“ charakterisieren und daher als Elemente des Raumes auffassen kann.

Eine Gruppe von Transformationen des Raumes kann aber auch, wie Klein bemerkte, als Gruppe von Transformationen solcher algebraischen Figuren unter sich angesehen werden und erzeugt daher nach Kleins Prinzip eine bestimmte Geometrie dieser Figuren. Nun kann es vorkommen, daß mehrere auf diese Weise gebildete Geometrien dieselbe Gruppe besitzen und daher selbst übereinstimmen.

Hierdurch wurde auf die bereits bekannten Übertragungsprinzipien, insbesondere auf den vor kurzem durch Lie entdeckten Zusammenhang zwischen Linien- und Kugelgeometrie ein neues Licht geworfen und zugleich für die Aufstellung neuer Übertragungsprinzipien eine einheitliche Grundlage geschaffen. Von diesem Gedanken, der sich auch später in vielen Arbeiten von jüngeren

Geometern als fruchtbar erwiesen hat, hat *Klein* eine Reihe von wichtigen Anwendungen gemacht.

Die Art z. B., wie er die nicht-Euklidische Geometrie, zum Teil schon vor dem Erlanger Programm, behandelt hat, beruht auf diesem Abbildungsprinzip. *Klein* hat gefunden, daß man das Innere einer Kugel als Lobatschewskyschen nicht-Euklidischen Raum deuten kann, wenn man die Gruppe derjenigen projektiven Transformationen des Raumes, die die Kugel in sich transformieren, den Betrachtungen zugrunde legt. Ähnlich hat er den elliptischen nicht-Euklidischen Raum mit Hilfe einer imaginären Kugel realisiert.

Noch bekannter ist die Figur, in der die nicht-Euklidische Ebene durch eine Halbebene dargestellt wird, wobei das Bild der geraden Linien Halbkreise sind, die den Rand der Halbebene senkrecht schneiden und die Winkel in ihrer gewöhnlichen Bedeutung erhalten bleiben. Diese Figur spielt ja in der Theorie der automorphen Funktionen eine große Rolle, der *Klein* viele seiner wichtigsten und schönsten Arbeiten gewidmet hat und die — wenigstens durch die subjektive Weiterentwicklung der Gedanken *Kleins* — mit dem Erlanger Programm zusammenhängen und deshalb hier auch erwähnt sein mögen.

4. Später hat *Klein* wiederholt betont, daß die Ideen des Erlanger Programms auch als oberstes Einteilungsprinzip für die Mechanik genommen werden müssen. Zunächst hat er gezeigt, wie man die Mechanik des starren Körpers von diesem Standpunkte aus behandeln kann¹). Dann aber hat die Relativitätstheorie und die neue Einsteinsche Gravitationstheorie ihm neuen Anlaß gegeben, die fundamentale Rolle, welche gerade hier die Gruppe, ganz im Sinne seines Erlanger Programms spielt, zu untersuchen²).

In der klassischen Mechanik muß man nämlich die zehngliedrige Gruppe zugrunde legen, die man erhält, wenn man die gleichförmigen Translationen des Raumes (3 Parameter), die orthogonalen Transformationen des Koordinatenkreuzes (6 Parameter) und die Ersetzung der Zeit t durch $(t+h)$ miteinander kombiniert. In der Elektrizitätstheorie dagegen (und überhaupt bei allen Erscheinungen, bei denen die Lichtgeschwindigkeit als endlich angesehen wird) muß man diese Gruppe, die man die Galileische genannt hat, durch die Gruppe der Lorentztransformationen ersetzen, die ebenfalls zehnparametrig ist und aus

¹) Zur Schraubentheorie von Sir Robert Ball (Ztschr. f. Mathem. u. Phys. Bd. 47 (1902); Wiederabdruck mit einem Zusatz i. d. Math. Ann. Bd. 62 (1906, S. 419).

²) Über die geometrischen Grundlagen der Lorentzgruppe (Jahresber. d. deutsch. Mathematikervereingung Bd. 19, 1910).

Über die Differentialgesetze für die Erhaltung von Impuls und Energie in der Einsteinschen Gravitationstheorie (Gött. Nachr. 1918).

Über die Integralform der Erhaltungssätze und die Theorie der räumlich geschlossenen Welt (Gött. Nachr. 1918).

der man die erste durch einen Grenzprozeß gewinnen kann. In der Einsteinschen Gravitationstheorie wieder sind es die reellen eindeutigen Transformationen der vierdimensionalen Welt, die man betrachten muß³).

Hieraus sieht man, wie sich der ursprüngliche Geltungsbereich der Kleinschen Ideen erweitert hat durch das Hinzukommen von Fragestellungen, die zur Zeit ihres Entstehens noch gar nicht existierten und für welche die Wissenschaft nicht einmal reif war, und das ist gerade ein Prüfstein für die Tragweite des Fortschritts, der durch das Erlanger Programm erzielt worden ist.

Klein, Riemann und die mathematische Physik.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Sommerfeld,
München.

Als ich Oktober 1893 nach Göttingen kam, war die erste Vorlesung, die ich bei *Klein* hörte, eine solche über die Riemannsche P -Funktion. Wie alle Vorlesungen von *Klein*, war sie glänzend durchgearbeitet und von plastischem Vortrag. *Klein* konnte, was nur wenige Dozenten wagen dürfen, die Zusammenfassung des Vorgetragenen seinen Hörern mehrmals in jeder Stunde in die Feder diktieren, ohne den Anschein der Pedanterie hervorzurufen und ohne sich zu wiederholen. Er konnte dies, weil seine Zusammenfassung dem Gedanken stets eine neue zugespitzte Form gab. Dem Gedanken, nicht der Rechnung. Die Rechnung spielt in *Kleins* Vorlesungen eine ganz nebensächliche Rolle. Das war einer der Punkte, in denen er sich mit *Riemanns* Denkweise befürte. Die Definition der Funktionen aus ihren Eigenschaften, unabhängig von ihrer formalen Darstellung, die Formel nicht als Grundlage, sondern als Ausfluß der mathematischen Erkenntnis! Wir lernten in jener Vorlesung diesen Geist der Riemannschen und Kleinschen Funktionen-theorie an dem Beispiel der hypergeometrischen Funktion kennen. Das hinreißende Temperament von *Klein*, das wohl in seiner rheinischen Heimat wurzelt, verstand es, diesen Geist der Mathematik uns vor Augen zu stellen und damit *Riemanns* Geist neu zu beleben.

Klein hat auf der Wiener Naturforscher-Gesellschaft 1894, als er nach dem Tode von *Helmholtz* an dessen Stelle als Vortragender der Allgemeinen Sitzung sprach, das Thema gewählt: Riemann und seine Bedeutung für die Entwicklung der modernen Mathematik. Hier leitet er die besondere Kraft der Riemannschen Methode aus ihrer Durchtränkung mit der Denkweise der mathematischen Physik her. „Wie die einzelne Erscheinung im Gebiete der Physik von der Anordnung der Versuchsbedingungen abhängt, so indi-

³) Das letzte ist nicht ganz genau, weil im Unendlichen Nebenbedingungen hinzukommen, die noch nicht vollständig erforscht sind.

vidualisiert *Riemann* seine Funktionen durch die besonderen Grenzbedingungen, die er ihnen auferlegt.“ „Was in der Physik die Verbannung der Fernwirkungen, die Erklärung der Erscheinungen durch die inneren Kräfte eines raumerfüllenden Äthers ist, das ist in der Mathematik das Verständnis der Funktionen aus ihrem Verhalten im Unendlich-Kleinen, insbesondere aus den Differentialgleichungen, denen sie genügen.“ „*Riemann* im Gebiete der Mathematik und *Faraday* im Gebiete der Physik stehen parallel.“

Am unmittelbarsten kommt *Riemanns* mathematisch-physikalische Richtung zum Ausdruck in seiner Dissertation (1851) über die Grundlegung der Funktionentheorie. Sie ist eine Potentialtheorie in zwei Dimensionen; der Greensche Satz bildet die natürliche reelle Vorstufe zum Cauchyschen Satz. Die *Riemannschen* Differentialbedingungen zwischen dem reellen und imaginären Teil der komplexen Funktion sind Bedingungen für die wirbelfreie Strömung einer inkompressiblen Flüssigkeit.

Was *Riemann* hier zum Teil nur verhüllt ausgesprochen hat, zog *Klein* 1881 in seiner Vorlesung und Schrift „Über *Riemanns* Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale“ sowie in seiner daran anschließenden, weiter ausgeführten autographierten Vorlesung über *Riemannsche* Flächen ans Licht. Die Idee der *Riemannschen* Fläche, die *Riemann* in seiner Dissertation einführt und durch eine Andeutung am Schlusse derselben erweitert, bildet *Klein* zur Vorstellung der geschlossenen „*Klein-Riemannschen* Fläche“ aus. So wie die komplexe Ebene funktionentheoretisch am besten durch die Kugel ersetzt wird, läßt sich eine verzweigte *Riemannsche* Ebene von höherem Geschlecht ersetzen durch eine geschlossene singularitätenfreie räumliche Fläche von mehrfachem Zusammenhange. Diese Fläche wird gleichmäßig mit leitender Masse belegt gedacht und bildet einen Konduktor für elektrische Strömung. Die auf der Fläche eindeutigen Potentiale bilden die Bausteine für die Theorie der algebraischen Funktionen der Fläche und ihrer Integrale. Die Unstetigkeitspunkte der Potentiale sind die Quellen und Senken der Strömung; es sind zugleich die Punkte, in denen die Elektroden als Stromzu- und -abführung an den Konduktor gelegt zu denken sind. Indem man unendlich viele Elektroden transversal längs eines Rückkehrschnittes der Fläche aneinander reiht, erhält man als Potentiale die überall endlichen Integrale der Fläche (Integrale der ersten Gattung). Integrale zweiter und dritter Gattung ergeben sich bei punktförmigen zusammenfallenden oder getrennten Elektroden; die auf der Fläche eindeutigen Funktionen, die algebraischen Funktionen des Gebildes, werden als Sonderfall aus den Potentialfunktionen aufgebaut.

Es ist nicht eigentlich mathematische Physik, was hier getrieben wird, sondern physikalische Mathematik. Nicht die Mathematik steht im

Dienste physikalischer Interessen und Probleme, sondern die Physik leitet und beflügelt den mathematischen Gedanken. Daß die Physik hierzu befähigt und berufen sei, hat *Klein* seinen Schülern oft und eindringlich eingeprägt.

Die *Riemannsche* Dissertation war seinen mathematischen Zeitgenossen zunächst fremdartig; sie wurde wohl gelegentlich das Buch mit den sieben Siegeln genannt. Daß sie der physikalischen Denkweise näher lag als der mathematischen, dafür zeugt eine Erzählung meines einstigen ehrwürdigen Aachener Kollegen *Wüllner*. Er war (wenn ich nicht irre in den sechziger Jahren) in den Sommerferien mit *Helmholtz* und *Weierstraß* auf dem Rigi zusammen. *Weierstraß* hatte die *Riemannsche* Dissertation mitgenommen, um diese ihm schwer verständliche Lektüre in der Ferienruhe zu bewältigen. *Helmholtz* aber wunderte sich über die Schwierigkeiten, die der Fachmathematiker bei *Riemann* vorfand; für ihn war *Riemanns* Darstellung unmittelbar einleuchtend.

Klein stand ebenso wie *Riemann* dem physikalischen Denken nahe. Sein eigentlicher Lehrer *Plücker* war Mathematiker und beobachtender Physiker zugleich, und *Klein* war sein Laboratoriumsassistent. *Kleins* erste Vorlesung als Privatdozent in Göttingen galt dem Satz von der Erhaltung der Energie. Die übernommene Pflicht, *Plückers* Liniengeometrie nach dessen Tode herauszugeben, hielt ihn zunächst von weiterer physikalischer Betätigung ab, und als er nach Erledigung dieser Arbeit daran gehen wollte, sich energischer mit Physik zu beschäftigen, wurde er Ordinarius der Mathematik in Erlangen. Trotzdem blieb er mit der Entwicklung auf physikalischem Gebiete in Fühlung. Früher als die meisten deutschen Physiker (*Helmholtz* natürlich ausgenommen) erkannte er die Bedeutung der *Maxwellschen* Theorie und brach für sie, zumal gegenüber seinen Leipziger physikalischen Kollegen, eine Lanze. Besonders nahe stand ihm *W. Thomsons* intuitive Erfassung der Mechanik und Mathematik.

Unvergeßlich werden mir die ersten Besprechungen sein, zu denen *Klein* mich bei Beginn meines Göttinger Aufenthaltes einlud. Er sah ja, als richtiger „Romantiker“ der Wissenschaft, einen Hauptteil seiner Tätigkeit darin, jüngere Kräfte an die Wissenschaft und an sich heranzuziehen. Ich kam mit allerlei Ansätzen zur Behandlung physikalischer Differentialgleichungen nach Göttingen. Er ließ sich alles, was ich plante, gern auseinandersetzen und rückte es in den allgemeinen Zusammenhang der mathematischen Literatur und seiner zusammenfassenden Anschauungen. In den Vorlesungen über Potentialtheorie und physikalische Differentialgleichungen, die *Klein* kurz zuvor gehalten hatte und deren Ausarbeitungen im mathematischen Lesezimmer jedermann zugänglich waren, fand ich wesentliche Teile meiner Pläne bereits ausgeführt vor, so das Voranstellen einer charakteristischen Haupt-

funktion für die verschiedenen physikalischen Differentialgleichungen und die Übertragung der Greenschen Methoden von der Potentialtheorie auf die anderen Gebiete der Physik. *Klein* hatte die Abendstunden von 6—8 Uhr in der Regel solchen Besprechungen vorbehalten; an mich kam anfangs fast in jeder Woche einmal die Reihe. Jedesmal war am Schluß der Besprechung der Tisch mit einer Menge Bücher bedeckt, in denen er den allgemeinen Zusammenhang meiner Einzelprobleme mit der mathematischen Literatur aufgezeigt hatte.

Auch während meiner zweijährigen Assistentenzeit bei *Klein* und während späterer gemeinsamer Arbeiten habe ich *Klein* außerordentlich viel zu danken gehabt. Ich habe es stets lebhaft empfunden, daß die Kleinsche Auffassung der Mathematik, die Betonung der geometrischen Evidenz gegenüber der einseitigen Hervorkehrung des rein Logischen und Algorithmischen, gerade für die Handhabung der mathematischen Anwendungen in Mechanik und Physik die richtige Schulung gibt. Schon allein seine Warnungen vor der übertriebenen Ängstlichkeit gegenüber Konvergenzfragen und sein grundsätzlicher Optimismus bezüglich der Zulänglichkeit der mathematischen Hilfsmittel und ihrer Anpassungsfähigkeit an die Erfordernisse der Naturwissenschaften befreien den auf die Anwendungen Gerichteten von den Hemmungen der Schulmeinung und bestärken ihn in zuversichtlichem Schaffen. *Kleins* Mathematik ist mehr ein Schauen, als ein Grübeln und Zerlegen. Und das muß die Mathematik in der Tat sein, wenn sie in den Anwendungen ihre ganze Kraft entfalten soll.

Einen Niederschlag der Kleinschen Vorlesungen über mathematische Physik bilden die Bücher von *Böcher* über die Reihenentwicklungen der Potentialtheorie und von *Pockels* über die Schwingungsvorgänge (die partielle Differentialgleichung $\Delta u + k^2 u = 0$). *Böchers* Buch strebt mehr die mathematische Allgemeinheit an und ordnet die speziellen, nach Zylinder- und Kugelfunktionen fortschreitenden Reihen der Physik in die allgemeinen Reihen nach Laméschen Funktionen ein; zugleich zeigt es die allgemeine Kraft des Kleinschen Oszillationstheorems. Das *Pockelsche* Buch dagegen knüpft an *Rayleighs* Theorie des Schalles an und bildet eine vorzügliche Einführung in die speziellen Methoden der mathematischen Physik. Es liest sich, als ob *Klein* es selbst geschrieben hätte und führt dadurch dem Leser die Stärke von *Kleins* Persönlichkeit zu Gemüte: Der in seinem Temperament ganz anders geartete *Pockels* fügte sich, solange er mit *Klein* zusammen arbeitete, der suggestiven Kraft seiner überlegenden Persönlichkeit.

Ein neues Band hat die Entwicklung der letzten Jahre zwischen *Klein* und der mathematischen Physik geschlungen, und auch dieses Band steht unter dem Zeichen des großen Namens *Riemann*. Schon einmal, bald nach der Begrün-

dung der speziellen Relativitätstheorie, hatte *Klein* (in der Zeitschrift für Mathematik und Physik) zu dieser das Wort ergriffen, um die bereits von *Minkowski* erkannten Zusammenhänge der neuen physikalischen Weltanschauung mit der von *Klein* früher entwickelten Auffassung der nichteuklidischen Geometrie als einer „projektiven Maßbestimmung“ weiter zu verfolgen. Als aber in den letzten Jahren aus der speziellen die allgemeine Relativitätstheorie herauswuchs, da sah *Klein* in ihr die Erfüllung seines „Erlanger Programmes“ im weitesten Sinne, die Verwertung seiner alten gruppentheoretischen Prinzipien, die er zunächst nur auf die Geometrie angewandt hatte, für die Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit der Physik bei Zugrundelegung der allgemeinen Gruppe der Punkttransformationen. Die Maßbestimmung, die dieser Gruppe adäquat ist, wird nicht mehr die projektive, sondern die allgemeine Riemannsche der vierdimensionalen Mannigfaltigkeit von beliebiger Krümmung. Der Standpunkt, zu dem *Einstein* sich durch den Zwang der physikalischen Postulate unter unsäglichem Mühen heraufgearbeitet hatte, war schließlich derselbe, den die jungen Mathematiker *Klein* und *Lie* auf ihrem geometrischen Spezialgebiet bereits in den siebziger Jahren eingenommen und von dem aus sie eine mühelose Umschau auf die geometrischen Aufgaben gehalten hatten.

Wie souverän aber *Riemann* selbst über die letzten Prinzipien der Naturerkenntnis nachgedacht hat, das erkennen wir mit Staunen, wenn wir die Schlußworte seines Habilitationsvortrages „Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen“, lesen, wenn wir sie heutzutage lesen, nachdem uns die physikalische Entwicklung die Augen für diese prophetischen Andeutungen geöffnet hat. *Riemann* fragt hier nach dem inneren Grunde der Maßverhältnisse des Raumes und sagt, daß „bei einer diskreten Mannigfaltigkeit das Prinzip der Maßverhältnisse schon in dem Begriffe dieser Mannigfaltigkeit enthalten ist, bei einer stetigen aber anderswoher hinzukommen muß“. „Es muß also entweder das dem Raum zugrunde liegende Wirkliche eine diskrete Mannigfaltigkeit bilden (Quantentheorie?), oder der Grund der Maßverhältnisse muß außerhalb, in darauf wirkenden, bindenden Kräften (Einstein's Gravitationstheorie!) gefunden werden.“

Klein hat diese Dinge in einer Folge von Vorlesungen dargestellt, die er während des Krieges vor einem ausgewählten Hörerkreise gehalten hat. Die erste Vorlesung behandelt die algebraische Invariantentheorie, die zweite die Invariantentheorie der Lorentzgruppe, die dritte diejenige der allgemeinen Relativitätstheorie; diese drei Vorlesungen liegen in sorgfältiger Ausarbeitung vor, neben inhaltreichen Noten in den „Göttinger Nachrichten“, in denen *Klein* seine Auffassung der allgemeinen Relativitätstheorie skizziert und zum Teil gegen diejenige von *Hilbert* abgegrenzt hat. Eine vierte Vorlesung soll

wenn ich recht berichtet bin, die Invariantentheorie der Berührungstransformationen und ihre Bedeutung für die allgemeine Mechanik bringen. Auch diese Vorlesungen haben den Reiz seiner Vorlesungen aus jüngeren Jahren: Sein wunderbarer Überblick über die Zusammenhänge der mathematischen und physikalischen Begriffsbildung führt uns mühelos zu den letzten Errungenschaften der Einsteinschen Gedankenwelt und zeigt sie uns als Krönung einer lange vorbereiteten mathematischen Entwicklung. Es wird alle Verehrer des großen Mannes mit Freude und Befriedigung erfüllen, daß derselbe Geist, der mit zwanzig Jahren das Gebiet der Mathematik in allen seinen Verzweigungen meisterte, der von hier aus auf der Höhe seines Lebens nach den Nachbargebieten der Physik, der Technik und des Unterrichts die Brücken schlug und der vor wenigen Jahren unter der Last des von ihm Geschaffenen und Geplanten zusammenzubrechen drohte, als Siebzigjähriger die Kraft wiedergefunden hat, um das größte wissenschaftliche Problem der letzten Jahre mit der Klarheit seines Denkens zu durchdringen und an die Probleme seiner Jugendjahre anzuschließen.

Felix Klein und die Reform des mathematischen Unterrichts

Von Prof. Dr. H. E. Timerding, Braunschweig.

Was Felix Klein für das Unterrichtswesen geleistet hat, wissen am besten die zu beurteilen, die das Glück hatten, an seiner Arbeit teilzunehmen; es dringt aber auch immer mehr zum Verständnis aller der Kreise, die am mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht irgendwie beteiligt sind. Die Widerstände und Anfeindungen, die er in reichem Maße erfuhr, sowie er von der luftigen Warte der rein wissenschaftlichen Forschung in die Arena der Schulkämpfe hinunterstieg, sind mehr und mehr einer gerechten Würdigung der Ideen und Absichten, die ihn bei seiner Wirksamkeit für die Reform des mathematischen Unterrichts leiteten, gewichen. Langsam beginnen die Früchte zu reifen, die der von ihm gestreuten Saat entsprossen sind. Was erst den meisten neu und befremdlich war, wird nach und nach Gemeingut und erscheint als etwas Natürliches und fast Selbstverständliches. Allgemach dünkt es unbegreiflich, wie die Gedanken, für die er sich mit der ganzen Kraft seiner machtvollen Persönlichkeit eingesetzt hat, als störender Eingriff in eine festgewurzelte Überlieferung aufgefaßt und so hartnäckig mißverstanden werden konnten.

Das Wirken Felix Kleins wird allezeit ein Markstein in der Entwicklung des mathematischen Unterrichts bleiben. Gewiß ist dies und jenes, was er mit Einsetzung seiner glänzenden Redner- und Darstellungsgabe vertreten und mit der ihm eigenen, ruhigen und besonnenen, durch keinen

Widerspruch zu verwirrenden Sicherheit verteidigt hat, schon vorher von anderen ebenso oder ähnlich geäußert worden. Aber es allgemein durchzusetzen hatte doch niemand vermocht, und in der wagemutigen Tatkraft, in dem unermüdlichen Ausharren, in der scharfblickenden Erfassung und zielsicheren Verwertung der zur Mitarbeit geeigneten Persönlichkeiten, in der, vor keiner langweiligen und ermüdenden Kleinarbeit zurückschreckenden Sorgfalt und Genauigkeit, darin liegt vielleicht die größte Leistung Kleins bei seinem Wirken für den mathematischen Unterricht in allen seinen verschiedenen Formen.

Es ist aber klar, daß, wer eine solche Begabung für praktische Aufgaben besitzt, sie aus einer seelischen Notwendigkeit heraus früher oder später betätigen muß. Darum war es keine Abirrung von der rein wissenschaftlichen Laufbahn, wenn Klein sich, als die Stunde gekommen war, dem Unterrichtswesen zuwandte. Innere Entwicklung und äußere Umstände haben sich dabei in so merkwürdiger Weise die Hand gereicht, daß dieser Übergang mit geradezu elementarer Selbstverständlichkeit erfolgte.

Ein so zum Lehren berufener Mann wie Klein mußte von Anfang an ein tiefes Interesse für Unterrichtsfragen zeigen. Nur hielt sich dieses Interesse bei Klein zunächst durchaus im Rahmen seines eigenen Lehramtes. Er hat eine Wirksamkeit als Hochschullehrer entfaltet, wie kaum ein Mathematiker vor und nach ihm. Schon in dieser Lehrtätigkeit ist auch eine gute Menge von organisatorischer Arbeit inbegriffen. Aber die in ihm schlummernde Neigung zu weit ausblickender organisatorischer Wirksamkeit erwachte doch erst recht, als er in seinen Vorlesungen, in denen er nach und nach das ganze ungeheure Gebiet der wissenschaftlichen Mathematik zu umspannen trachtete, zu Anfang der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts zur Mechanik zurückkehrte, der er schon zu Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn, angeregt durch seinen Lehrer Plücker, sich zugewendet hatte.

Dabei kehrten seine Gedanken naturgemäß in eine Bahn zurück, die ihm, dem Sohne des rheinischen Industriegebiets, von Haus aus nahe lag, und aus der ihn nur die glänzenden Erfolge seiner ersten geometrischen Arbeiten gerissen hatten. Dies war die Verbindung von Mathematik, Physik und Technik, insbesondere die Verfolgung der Mathematik nach der Seite ihrer Anwendungen hin. Er selbst hatte für sich eine Zeitlang eine Vereinigung des mathematischen Studiums mit der technischen und naturwissenschaftlichen Betätigung erträumt, und wenn diese Vereinigung sich auch als unerreichbar erwies, so blieb ihm doch das lebhafteste Interesse für die Anwendungsgebiete der Mathematik. Dieses Interesse rang sich nun in Göttingen zur klaren Erfassung eines bestimmten Zieles empor: „die besonderen Einsichten und Kenntnisse, die er

vermöge seiner mathematischen Tätigkeit im Laufe der Jahre gewonnen hatte, zur Herstellung einer engeren Verbindung zwischen Mathematik, Physik und Technik in Geltung zu bringen“. So entstand der Plan zur Schaffung eines physikalisch-technischen Institutes an der Universität Göttingen, mit der weitergehenden Absicht, auf diese Weise „an den deutschen Universitäten eine allgemeine Bewegung im Sinne einer Annäherung an die Technik auszulösen“.

Wenn Kleins Absichten, soweit sie die Universität Göttingen betrafen, im vollsten Maße gelungen und dort eine Reihe mustergültiger, reich ausgestatteter und vortrefflich geleiteter Institute entstanden sind, das allgemeinere Ziel ist nicht erreicht. Die Technik liegt heute den Universitäten so fern wie vor 25 Jahren. Der Grund hierfür ist einerseits darin zu suchen, daß dem rein wissenschaftlichen Streben der Universitäten der Geist der Technik nicht gemäß ist, daß sie wohl den Weg von der Wirklichkeit zur Theorie finden, aber, ausgenommen in der medizinischen Fakultät (deren Analogie mit dem Ausbildungsgang und der Auffassungsweise, die an den Technischen Hochschulen herrscht, Klein mit Recht hervorhebt), nicht rückwärts den Weg von der Theorie zur Wirklichkeit. Andererseits fordert aber eine Anknüpfung an die Technik auch kostspielige äußere Einrichtungen, für welche nur in Göttingen die Mittel flüssig gemacht werden konnten.

Daß dies gelang, ist wesentlich der unermüdlichen Werbearbeit Kleins und der klugen Politik zu danken, die er verfolgte. Er verstand es, die Unterstützung technisch und wissenschaftlich interessierter, kapitalkräftiger Persönlichkeiten zu gewinnen, auf Grund deren dann auch der Staat seine Beihilfe nicht versagte, zumal Klein in Althoff einen mächtigen und verständnisvollen Förderer seiner Pläne fand.

Nachdem so schon 1897 mit einer ersten von drei Stiftern erhaltenen Anzahlung einige Maschinen angeschafft und zu ihrer Verwertung im Lehrbetrieb ein außerordentlicher Professor mit den nötigen Hilfskräften angestellt worden war, wurde am 28. Februar 1898 die „Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik“ gegründet, die durch hohe Jahresbeiträge ihrer Mitglieder und weitere sehr reichliche private Zuwendungen mit den staatlichen Zuschüssen zusammen die Mittel für die nach und nach entstandenen Institute an der Universität Göttingen aufgebracht hat. Später wurde der Bezeichnung dieser Vereinigung auch noch die „angewandte Mathematik“ hinzugefügt. Klein hatte erkannt und auch anderen begreiflich zu machen verstanden, daß die geplanten Neuerungen auch eine Erweiterung des mathematischen Studiums in sich schließen mußten. Zunächst wurde dabei an die darstellende Geometrie gedacht, für die Klein immer Interesse gehabt, und die er schon nach seiner Berufung an die Erlanger Universität

als einer der ersten vor „reinen Mathematikern“ gelesen hatte. Daran schloß sich dann die Geodäsie und aus einer durch Lexis veranlaßten Parallelgründung heraus die Versicherungsmathematik an.

Der angewandten Mathematik wurde nun als Lehrgegenstand der Universitäten ein fester Boden verliehen dadurch, daß 1898 die neue preussische Prüfungsordnung für das Lehramt an höheren Schulen herauskam, in der die angewandte Mathematik als besonderes, allerdings nur in Verbindung mit der reinen Mathematik wählbares Lehrfach erschien. Dadurch erhielten nicht bloß die Göttinger Einrichtungen einen äußeren Zweck, dem sie dienen konnten, auch für die übrigen Universitäten ergab sich die Notwendigkeit, durch besondere Lehraufträge und Lehrmittel für die Vorbereitung der Mathematikstudierenden auf das neue Prüfungsfach zu sorgen.

Wenn aus der Neuerung, die vor nunmehr 20 Jahren mit so frohen Erwartungen begrüßt werden konnte, noch nicht der Segen geflossen ist, den Klein selbst davon erhofft hatte, so liegt das wohl an folgendem: Die angewandte Mathematik ist wohl ein besonderes Prüfungsfach geworden, aber sie ist nicht auch ein besonderes Lehrfach an den höheren Schulen. Was die Ausbildung in der angewandten Mathematik bezweckt, so wie wir sie heute fassen, als die Unterweisung in den Teilen der Mathematik, die auf deren Anwendung in der Wirklichkeit hinielen, also namentlich die Schulung im Messen, Rechnen und Zeichnen, das bedeutet eine Ausbildung, die jeder empfangen haben sollte, der mit dem rechten Erfolg den mathematischen Unterricht an einer höheren Schule erteilen will, es müßte also überhaupt einen integrierenden Bestandteil des mathematischen Studiums bilden. Ehe das nicht erreicht ist, sind die Ansprüche, die von seiten der Schule gestellt werden müssen, nicht erfüllt. Dagegen ist für die Schule nicht unbedingt nötig die weitergehende Ausbildung in einem besonderen Spezialfache, sei es in Versicherungsmathematik, Astronomie oder Geodäsie, in der meist auf „technische Mechanik“ zusammengezogenen Maschinentechnik oder in der Elektrotechnik. Es ist klar, daß diese weitergehende Ausbildung entweder an der Oberfläche bleibt oder aber mehr anderen, außerhalb des Lehramts stehenden Berufstätigkeiten zu dienen geeignet ist, als Versicherungsmathematiker, als Astronom, Geodät oder als technischer Physiker, und danach aufgefaßt und ausgestaltet zu werden verdient, wie das chemische Spezialstudium auf der Universität längst der späteren Verwendung als technischer Chemiker nutzbar gemacht ist¹⁾.

¹⁾ Hierbei soll nicht unerwähnt bleiben, daß bei besonderen Fachschulen die genannten Wissenszweige, und zwar immer je einer von ihnen, für die Lehrtätigkeit große Bedeutung gewinnen, so die Geodäsie bei den Landwirtschaftsschulen, die Versicherungsmathematik und was mit ihr zusammenhängt bei den Handelsschulen, die angewandte Mechanik und Physik bei den

Die Annäherung der Universitäten an die Technik bildete aber nur die eine Seite der Bestrebungen, die *Klein* leiteten. Die andere Seite war die Stellungnahme der Technischen Hochschulen zu den theoretischen Wissenschaften. Vielfach durch ungeeignete Vertreter dieser Wissenschaften gereizt, hatte sich in den Kreisen der Technik das Bestreben gezeigt, die Ausbildung der künftigen Ingenieure nur solchen Männern anzuvertrauen, die selbst technisch geschult waren, und es war von ihnen energisch betont worden, daß Mathematik und Naturwissenschaften für den Ingenieur nur die Bedeutung von Hilfswissenschaften hätten, deren eingehende Kenntnis und tieferes Verständnis nicht zu erstreben seien, und die nur im Zusammenhang mit ihren technischen Anwendungen behandelt werden dürften. Diesen Auffassungen und Bestrebungen gegenüber war es nun von großer Bedeutung, daß *Klein*, der selbst von 1875 bis 1880 an einer Technischen Hochschule gewirkt hatte, vom Jahre 1895 ab die Beziehung zu den Ingenieuren suchte, daß er sozusagen in die Höhle des Löwen ging. Trotzdem er damit keine aggressiven Absichten verfolgte, sondern nur klärend wirken und sich selbst Klärung verschaffen wollte, wurde der Streit zunächst eher heftiger als milder, aber der schließliche Erfolg ist doch eine volle Verständigung gewesen. Heute lebt jene Fehde nur noch in der Erinnerung. Namentlich der inzwischen ins Leben gerufene Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen hat viel zur endgültigen Beseitigung aller Zweifel und Unklarheiten beigetragen¹⁾.

Soweit, wie wir sie bis jetzt verfolgt haben, betraf *Kleins* Wirksamkeit nur den Lehrbetrieb der Universitäten, die höheren Schulen dagegen nur mittelbar durch die erstrebte Ausbildung der Lehramtskandidaten mathematischer Fachrichtung. Da kam die Schulkonferenz von 1900, an der auch *Klein* beteiligt war. Es war nur natürlich, daß er hierbei aus den ihn augenblicklich leitenden Bestrebungen heraus besonders die Heranziehung der Anwendungen für den mathematischen Schulunterricht betonte, indem er aber weise Mäßigung empfahl. Sehr mit Recht hob er als den eigentlichen Zweck des mathematischen Unterrichts hervor, in dem Schüler die Überzeugung entstehen zu lassen, daß „richtiges Nachdenken auf Grund richtiger Prämissen die Außenwelt beherrschen läßt“.

Diese Äußerungen enthielten nun an sich keineswegs etwas völlig Neues, sondern wiederholten nur, was u. a. bereits 1891 in den Braunschweiger Beschlüssen des Vereins zur Förderung technischen Fachschulen, die Astronomie bei den Seefahrtsschulen.

¹⁾ Die für das Vorstehende in Betracht kommenden Aufsätze und Vorträge *Kleins* findet man zusammengestellt in der Vortragssammlung *F. Klein* und *E. Riecke*, Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an höheren Schulen (Leipzig, Teubner, 1900).

des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts einen ziemlich extremen und in der Entschließung auf der Versammlung des Vereins zu Wiesbaden 1894 einen maßvolleren Ausdruck gefunden hatte; sie konnten deshalb sicher nicht eine besondere Erregung und Anfeindung hervorrufen. Ganz anders war es aber mit der Forderung *Kleins*, daß wenigstens an den Realanstalten die Anfangsgründe der Differential- und Integralrechnung sowie der analytischen Geometrie Aufnahme finden sollten. Diese Forderung, die übrigens auf der Konferenz nicht bloß von *Klein*, sondern auch von *Hauck*, *Lexis* und *Slaby* vertreten wurde, erschien fortan geradezu als das Kennzeichen der sogenannten mathematischen Unterrichtsreform. Man war Anhänger oder Gegner dieser Reform, je nachdem man jener Forderung zustimmte oder nicht, und dabei war die Auffassung durchaus die, daß es sich, wie man es aus *Kleins* eigenen Bemerkungen und namentlich aus *E. Göttings* Ausführungen dazu entnehmen mußte, um einen besonderen Lehrgang in beiden Disziplinen handeln solle. *Götting* gab geradezu ein vorläufiges Programm für den Lehrgang in der Infinitesimalrechnung, der bis zu der Lösung einfacher Differentialgleichungen aufsteigen und von dem Unterricht in Prima etwas mehr als ein Jahr in Anspruch nehmen sollte. Wiederum war es keineswegs etwas Neues, was hier verlangt wurde. Schon mehrfach war von einzelnen Schulmännern die Aufnahme der Differential- und Integralrechnung an den höheren Schulen gefordert worden, und an einer ganzen Reihe von Realanstalten wurden sie tatsächlich unterrichtet. Die württembergischen Oberrealschulen bringen bis heute an Differential- und Integralrechnung, analytischer und darstellender Geometrie so viel, daß die ersten Hochschulseminer der später an der Technischen Hochschule Studierenden ganz wesentlich dadurch entlastet werden, und man behauptet, auf diese Weise sehr gute Erfahrungen gemacht zu haben.

Es ist also *Kleins* Vorschlag weder völlig neu gewesen, noch kann ihm der Vorwurf der Unrealisierbarkeit gemacht werden. Trotzdem hat er einen heftigen Widerstand ausgelöst. Dieser Widerstand wurde keineswegs dadurch gemildert, daß die im Anschluß an die Schulkonferenz 1901 herauskommenden neuen preussischen Lehrpläne in maßvoller Beschränkung nur forderten, daß den Schülern der oberen Klassen ein eingehendes Verständnis des Funktionsbegriffs, mit dem sie schon auf früheren Stufen bekannt geworden sein sollten, zu erschließen, und auch, daß eine Einführung in den wichtigen Koordinatenbegriff zu erfolgen habe. Schon dies war vielen sehr unbequem, die an einem veralteten Begriff der Elementarmathematik klebten. Aber es liegt doch dem Widerstreben, einigen bisher dem Fachstudium auf der Hochschule vorbehaltenen Disziplinen Eingang an der höheren Schule zu verschaffen, auch ein gesunder Gedanke zugrunde.

der sich gegen die Auffassung richtet, daß diese Einführung neuer Teilgebiete der Mathematik durch die Bedürfnisse bestimmter Berufe, welche die Schüler später möglicherweise ergreifen können, zu rechtfertigen sei. Die demgegenüber geltend gemachte Ansicht ist die, daß die Bestimmung der höheren Schule ausschließlich sei, eine höhere Allgemeinbildung mitzuteilen, und daß die Wahl der einen oder anderen von den drei Arten höherer Schulen, die wir haben, in jedem Fall nicht durch den späteren Beruf des Zöglings, sondern nach seiner besonderen geistigen Veranlagung zu bestimmen sei. Das hat auch *Klein* sehr bald erkannt. Während er auf der Schulkonferenz 1900 seine Forderung ausdrücklich damit begründete, daß einer großen Anzahl von Studierenden an unseren Hochschulen mit einem solchen mathematischen Vorkurse an der Schule, wie er ihn wünschte, wichtiger Vor Schub geleistet werden könnte, ging er bei einem Vortrage auf dem Ferienkurs in Göttingen Ostern 1904 lediglich von dem Grundsatz aus, daß das Ziel des mathematischen Schulunterrichts ein klares Verständnis der mathematischen Bestandteile unserer heutigen Kultur sein müsse. Diese Bestandteile ruhen, sagte er, ganz wesentlich auf dem Funktionsbegriff und seiner Ausgestaltung nach geometrischer und analytischer Seite, und so ergibt sich mit Notwendigkeit die These, daß der Funktionsbegriff in zweckmäßiger Ausgestaltung in den Mittelpunkt des theoretisch-mathematischen Unterrichts zu rücken ist.

Diese These ist unter dem Schlagworte des „funktionalen Denkens“ denn auch das geworden, was von *Kleins* Bestrebungen auf dem Gebiete des mathematischen Unterrichts in die weitesten Kreise gedrungen ist. Sie schließt aber schon in sich, daß nun nicht mehr ein besonderer Lehrgang der analytischen Geometrie und der Infinitesimalrechnung erstrebt werden soll, daß vielmehr im Verlauf der ganzen Schulausbildung der Funktionsbegriff und mit ihm in organischer Verbindung der Koordinatenbegriff und die Infinitesimalbegriffe mit den allgemein üblichen Bezeichnungen der Differentiale und Integrale, nach und nach aufsteigend, anschaulich und faßbar entwickelt werden sollen. Also keinen Kursus der Differential- und Integralrechnung, nur die für die Entwicklung der Begriffe notwendigen und, wenn auch in anderer Form, für die physikalischen Anwendungen immer benutzten Differentialquotienten und Integrale der allereinfachsten Funktionen zu geben, und damit auch nicht in dem Schüler die Täuschung zu erwecken, als ob er nun schon die „höhere Mathematik“ beherrsche, das ist die Auffassung, zu der sich *Kleins* Ideen von der Reform des mathematischen Unterrichts abklärten, und die heute auch noch als die Ansicht der „Reformer“ gelten kann¹⁾.

¹⁾ Über die mathematische Unterrichtsreform und *Kleins* hierauf bezügliche Tätigkeit vgl. man die Vortragsammlung *F. Klein* und *E. Riecke*, Neue Beiträge

Inzwischen hatte sich *Kleins* Interesse aber über den mathematischen Unterricht hinaus der allgemeineren Frage nach der Rolle, welche die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer an den höheren Schulen zu spielen berufen sind, zugewendet. Er erreichte auf der Naturforscherversammlung in Cassel 1903, daß beschlossen wurde, „die Gesamtfragen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen bei nächster Gelegenheit zum Gegenstande einer umfassenden Verhandlung zu machen.“ Nach diesem Beschluß ist 1904 auf der Versammlung in Breslau die Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte entstanden, deren Tätigkeit bereits im folgenden Jahre, 1905, auf der Versammlung in Meran zu bestimmten Lehrplanentwürfen, insbesondere auch auf mathematischem Gebiete, führte. Dieser mathematische Lehrplanentwurf führte zum erstenmal aus, wie die neuen Ideen zur Geltung kommen sollten, wie insbesondere der Funktionsbegriff aufzubauen sei. Was die Behandlung der Differential- und Integralrechnung betrifft, so wurde sie vorsichtig als eine eventuelle bezeichnet und dem Lehrer freie Hand gelassen, ob er sie aufnehmen wolle oder nicht. Die Arbeit der Unterrichtskommission reichte bis 1907¹⁾, und sie wurde dann zu einer den Unterrichtszwecken dienenden Abordnung sämtlicher an Mathematik und Naturwissenschaften interessierten deutschen gelehrten Gesellschaften ausgestaltet, dem Deutschen Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (DAMNU). Über die Tätigkeit dieses Ausschusses und die Rolle, die *Klein* in ihm gespielt hat, zu sprechen, würde hier zu weit führen, aber so viel kann doch gesagt werden, daß, was Gutes dabei herausgekommen ist, zum großen Teil *Kleins* unermüdlicher Mitarbeit und dem belebenden und anfeuernden Einfluß seiner Persönlichkeit zu danken ist.

Die Ausdehnung auf den naturwissenschaftlichen Unterricht ist jedoch nur eine Seite, nach der sich *Kleins* Bestrebungen allmählich entwickelten, die andere Seite bildet die Erweiterung der Arbeit am mathematischen Unterricht von dem engeren Umkreis der höheren Schule auf die Gesamtheit aller Lehrstätten, an denen die Mathematik überhaupt in irgendwelcher Form eine Rolle spielt, und damit erst die Hervorhebung der Kulturbedeutung, die der Mathematik zukommt, in ihrem vollen Umfange. Den äußeren Anlaß hierfür bildete die Gründung einer Internationalen

zur Frage des mathematischen Unterrichts (Leipzig, Teubner, 1904), *F. Klein*, Vorträge über den mathematischen Unterricht an den höheren Schulen, bearbeitet von *R. Schimmack* (ebenda 1907) und die IMUK-Abhandlung von *Schimmack*, Die Entwicklung der mathem. Unterrichtsreform in Deutschland (ebenda 1911).

¹⁾ *A. Gutzmer*, Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (Leipzig, Teubner, 1908).

mathematischen Unterrichtskommission auf dem Internationalen Mathematikkongreß in Rom Ostern 1908. *Klein* wurde nicht bloß zum Vorsitzenden dieser Kommission, der seither vielgenannten IMUK, gewählt, er hatte auch die Berichterstattung der deutschen Unterkommission über den mathematischen Unterricht in Deutschland zu veranlassen und zu leiten.

Diese Berichterstattung wuchs sich zu einem gewaltigen literarischen Unternehmen aus, einer Materialsammlung ersten Ranges, die, wenn auch vieles naturgemäß bei der rasch fortschreitenden Entwicklung bald veralten muß, doch auf lange Zeit hinaus die sichere Unterlage für alle Bestrebungen auf dem Gebiete des mathematischen Unterrichtswesens zu bilden berufen ist. Aber nicht das allein. Die Sammlung dieser Berichte bedeutet überhaupt ein einzigartiges Kulturdokument. Sie gibt ein allgemeines Bild von dem Zustand des Unterrichtswesens, wie es vor dem Kriege im Deutschen Reiche bestand, und daß in den Mittelpunkt dieses Bildes der mathematische Unterricht gerückt ist, entstellt es nicht, sondern gibt ihm nur festere Züge und einen besonderen Charakter. Es macht sich doch eben geltend, daß die Mathematik sozusagen die Ur- und Grundwissenschaft ist und sich deshalb in ihr der geistige Zustand eines Volkes deutlich spiegeln kann. Bei keiner anderen Wissenschaft wäre es in gleicher Weise möglich gewesen, an ihr einen Überblick über die Bildungsbestrebungen und Bildungseinrichtungen in allen ihren Verästelungen zu geben. *Klein* hatte schon 1896 in einem Vortrage hervorgehoben, daß die Mathematik die Entwicklung der menschlichen Kultur auf allen ihren Stufen begleitet habe, und daß deshalb ihre Verbreitung geeignet sei, die Überzeugung von der Solidarität aller höheren geistigen Interessen zur Geltung zu bringen.

Diese Äußerung hat in der Berichterstattung der deutschen IMUK, die in acht stattlichen Bänden „Abhandlungen“, wozu noch ein Band „Berichte und Mitteilungen“ kommt, jetzt abgeschlossen vorliegt¹⁾, ihre volle Bestätigung gefunden. Welche ungeheure Energie, welche unendliche Geduld und welche Selbstverleugnung es erfordert hat, dieses Werk zu Ende zu führen, vermag nur der zu ermessen, der es selbst in seinem Entstehen und Fortschreiten verfolgt hat. Daß es *Klein* gelungen ist, kann mit Recht als die Krönung seiner Arbeit an der Entwicklung des deutschen Unterrichtswesens betrachtet werden. Als es vollendet war, hat er auch selbst das Gefühl gehabt, damit einen Abschluß der 20 Jahre früher begonnenen Tätigkeit erreicht zu haben, und er wandte, so lebhaft sein Interesse für die Unterrichtsfragen blieb, sich in seiner Hauptarbeit doch von diesen Fragen wieder der rein wissenschaftlichen Beschäftigung zu. Die Zukunft aber wird es ihm Dank wissen, was er für die Erzie-

hung eines gesunden Wirklichkeitssinnes und zielbewußter Erfassung der Umwelt durch die Kraft des an Maß und Zahl anknüpfenden und darum von aller persönlichen Meinung unabhängigen Denkens getan hat. Denn darin liegen doch die großen, beharrlich festgehaltenen Zielpunkte seines Wirkens für die Reform des mathematischen Unterrichts.

Felix Klein und die Förderung der „angewandten Wissenschaften“.

Von Prof. Dr. L. Prandtl, Göttingen.

Daß die exakten Universitätswissenschaften, die die Fühlung mit dem werktätigen Leben damals zum großen Teil vollständig verloren hatten und ihren Ruhm in der selbstgewählten Isoliertheit der „reinen Wissenschaft“ sahen, mit den Anwendungsgebieten wieder in lebendige Beziehungen gebracht werden müßten, war eine der leitenden Ideen *Kleins* vom Beginn seiner akademischen Tätigkeit an¹⁾. Nach außen tritt diese Idee, die in seiner Hand auf mathematischem Gebiete bereits früh mancherlei wertvolle Früchte gezeitigt hatte, erst in seiner späteren Schaffensperiode stärker hervor, als er sich entschlossen hatte, auch für die physikalische Wissenschaft die Fühlung mit der inzwischen machtvoll sich entwickelnden Technik wieder in Gang zu bringen. Heute, wo diese Idee sich bereits in einem sehr weiten Kreise durchgerungen hat und schon sehr viel in dieser Richtung hat verwirklicht werden können, ist es schwer, sich klar zu machen, welche großen Widerstände nach außen und nach innen *Klein* seinerzeit überwinden mußte, um seinen mit ebenso viel Zähigkeit wie Klugheit verfochtenen Bestrebungen freie Bahn zu erkämpfen. Von den Plänen *Kleins* zur Verwirklichung dieser Idee, von den Schwierigkeiten, die sich ihnen entgegenstellten, und von dem, was erreicht ist und wie es erreicht worden ist, soll hier in Kürze berichtet werden.

Nach *Kleins* eigener Äußerung war ihm bereits durch das Vaterhaus und durch vielerlei Anregungen in der betriebsamen Vaterstadt Düsseldorf ein lebhaftes Empfinden für technische Dinge mitgegeben worden, so daß er sich sogar zeitweilig mit dem Gedanken getragen hat, selbst Technik zu studieren. Später hat während seiner Lehrtätigkeit an der Münchener Technischen Hochschule der Umgang mit den Lehrern der technischen Wissenschaften, besonders mit *C. Linde*, sehr anregend auf ihn gewirkt. Den entscheidenden Anstoß dazu, selbst in die Entwicklung dieser Dinge einzugreifen, gab jedoch erst viel später (1893) eine amerikanische Studienreise, die *Klein* gelegentlich der Weltausstellung zu Chicago im Auftrag des preußischen

¹⁾ Erschienen 1909—1916 bei Teubner in Leipzig und Berlin.

¹⁾ Vgl. z. B. die in der Zeitschr. f. math.-naturw. Unterricht Bd. XXVI (1895) abgedruckte Leipziger Antrittsrede von 1880. (Lit.-Verz. D Nr. 111.)

Kultusministeriums unternahm und auf der er auch das amerikanische Hochschulwesen studierte. Die reich ausgestatteten Lehrmittel mancher der besuchten Anstalten, besonders aber das „physikalische Experiment an der lebendigen Maschine“ hatten ihm starken Eindruck hinterlassen, daneben auch das drüben ausgeprägte System der Selbsthilfe, der es möglich gewesen war, Männer der Praxis, die über die nötigen Mittel verfügten, für die Förderung wissenschaftlicher Dinge zu interessieren.

Um das von ihm sehnlich herbeigewünschte Bindeglied zwischen den Universitätswissenschaften und der Technik zu schaffen, vertrat er nun, alsbald nach seiner Rückkehr, in Berichten an das Ministerium und in einer Denkschrift, die er auch führenden Industriellen übersandte, den Plan, in Göttingen dem mathematisch-physikalischen Unterrichtsbetrieb Unterrichtseinrichtungen für „technische Physik“ anzugliedern. Damit sollte vor allem Gelegenheit geschaffen werden zur Weiterbildung von Ingenieuren zu wissenschaftlichen Führern der Technik und zu künftigen Lehrern an Technischen Hochschulen. Außerdem sollten durch diese Unterrichtseinrichtungen die Universitätshörer die Möglichkeit erhalten, sich über Fragen der Technik zu unterrichten.

Da die Technischen Hochschulen bis dahin mit der Ausgestaltung ihrer immer weiter anwachsenden Lehraufgaben vollauf beschäftigt waren und nicht dazu gekommen waren, für die Heranbildung eines geeigneten akademischen Nachwuchses für sie selbst Nennenswertes zu tun, schien dieser Plan sehr viel Erfolg zu versprechen. Die Überbrückung der damals sehr großen Kluft zwischen Universität und Technischer Hochschule würde sich durch den Übergang der an der Universität weitergebildeten Ingenieure in das Lehramt an den Technischen Hochschulen, wie auch durch die Heranziehung von technisch vorgebildeten Lehrkräften an die Universität mit der Zeit von selbst in organischer Weise vollzogen haben.

Jedoch stieß der Plan nicht nur bei den Industriellen, an die *Klein* sich gewandt hatte, auf unzureichendes Interesse, sondern es entstand ihm auch von seiten der Technischen Hochschulen eine äußerst heftige Gegnerschaft. Die oben erwähnten Mängel waren auch dort schon empfunden worden; man war mit allerhand Reformplänen, besonders bezüglich der Schaffung von Ingenieurlaboratorien, beschäftigt und empfand daher die Kleinschen Pläne als eine Durchkreuzung der eigenen. Die heftige Befehdung der Kleinschen Pläne konnte schließlich durch ein auf der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Ingenieure zu Aachen (1895) abgeschlossenes Kompromiß beschwichtigt werden: Gemäß diesem „Aachener Frieden“ sollten in Göttingen lediglich Einrichtungen getroffen werden, durch die den Universitätsstudenten, beson-

ders den Lehramtskandidaten der Mathematik und Physik, Gelegenheit zur Einführung in technische Fächer geboten würde. Die Fortbildung der Ingenieure sollte dagegen Aufgabe der Technischen Hochschulen sein.

Aber auch diese verringerten Pläne fanden noch sehr erhebliche Gegnerschaft, wie aus der Diskussion zu einem Kleinschen Vortrage im Hannoverschen Bezirksverein des Vereins Deutscher Ingenieure sehr lebendig zutage tritt, in der sämtliche Redner gegen die Kleinschen Absichten sprachen¹⁾. Aber auch an der Universität selbst war, von wenigen Ausnahmen abgesehen, der Kreis der Kollegen den Kleinschen Absichten nicht hold. Man befürchtete von dem Eindringen technischer Ideen und technischer Arbeitsweisen eine Minderung des hohen, auf die reine Wissenschaft gerichteten Geistes der Universität oder wenigstens ein „Übertönen der leisen Musik der Naturgesetze durch die Trompetenklänge der technischen Erfolge“ und versagte *Klein* die Unterstützung.

Ein anderer hätte sich von seinen Plänen vielleicht abbringen lassen, *Klein* aber machte, da ihm andere Mittel vorerst versagt blieben, selbst einen Anfang, verschrieb sich einen jungen Ingenieur²⁾ als Assistenten und las selbst über „Technische Mechanik“³⁾. Sein Ziel, das Interesse von Leitern großer industrieller Unternehmungen für seine Ideen zu gewinnen, verlor er dabei nie aus dem Auge. Nach dreijährigen Bemühungen gelang endlich Weihnachten 1896 der erste Schritt vorwärts in dieser Richtung: Durch die Mithilfe seines Münchener Freundes Prof. *C. Linde* und des Leiters der Elberfelder Farbwerke und Landtagsabgeordneten Dr. *H. Böttlinger* kam eine erste Summe von 20 000 M. für ein kleines Maschinenlaboratorium zusammen. Mit Genehmigung der Unterrichtsverwaltung wurde eine Maschinenanlage für die elektrische Beleuchtung der Kgl. Bibliothek, die eben errichtet werden sollte, in dieses Laboratorium mit einbezogen. Um die für die Leitung des Laboratoriums erforderliche Lehrkraft zu gewinnen, wurde ein gangbarer Weg dadurch gefunden, daß der Lehrauftrag mit einer neubegründeten außerordentlichen Professur für

¹⁾ Vgl. Zeitschr. des Vereins Deutscher Ingenieure 1896, S. 102 u. f. Auf diesen Vortrag (Lit.-Verz. D Nr. 116) sowie auf einen weiteren im Hannoverschen Mathem. Verein (Lit.-Verz. D Nr. 119) sei hier besonders verwiesen. Beide Vorträge sind in der Schrift „Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen“, Vorträge, gesammelt von *F. Klein* und *E. Riecke*, Leipzig 1900, wieder abgedruckt. Siehe dort auch den Vortrag auf der Düsseldorfer Naturforscher-Versammlung: „Universität und Techn. Hochschule“. (Lit.-Verz. D Nr. 125.) — Die Gegnerschaft der technischen Hochschulen trat übrigens auch später noch mehrmals heftig hervor, so in der Herrenhausrede von Prof. *Slaby* vom 30. März 1900. *Klein* hat auf diese Rede in einer bei Teubner, Leipzig 1900, erschienenen, sehr lesenswerten Schrift geantwortet. (Lit.-Verz. A Nr. 20.)

²⁾ Den jetzigen Professor *Moritz Weber* a. d. Technischen Hochschule Charlottenburg.

landwirtschaftliches Maschinenwesen verbunden wurde.

So war ein Anfang gemacht! Anfang 1898 gelang es, einen kleinen Kreis von namhaften Industriellen in Göttingen zu versammeln, die sich für Kleins Pläne interessierten und die begonnene Sache weiter zu fördern beschlossen. Die so gegründete „Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik“ erstarkte unter der Leitung ihrer beiden Vorsitzenden *Böttinger* und *Klein* in erfreulicher Weise und fand, was für ihr Gedeihen von größter Wichtigkeit war, in dem Leiter des preußischen Hochschulwesens, Ministerialdirektor *Althoff*, einen tatkräftigen Förderer. So entstanden sehr bald Unterrichts- und Forschungseinrichtungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik und der angewandten Mathematik einschließlich Vermessungswesen und Nautik, die Anlagen für technische Physik konnten sehr wesentlich ausgebaut werden¹⁾. Leider verbietet der Raum, auf alle Einzelheiten der Weiterentwicklung hier näher einzugehen. Wieviel im Jahre 1906 bereits erreicht war, ist aus der Festschrift zur Einweihung der physikalischen Institute, der eine Beschreibung der von der Göttinger Vereinigung geschaffenen Einrichtungen eingefügt ist, zu entnehmen²⁾. Von der Entwicklung bis in die neueste Zeit gibt die anlässlich des zwanzigjährigen Stiftungsfestes (1918) herausgegebene kleine Denkschrift³⁾ ein höchst beachtenswertes Zeugnis.

Die Tätigkeit von *Klein* beschränkte sich im übrigen durchaus nicht auf die Schaffung der Institute, vielmehr erfüllte er sie durch seine ständige Fürsorge immer von neuem mit seinem Geiste und sorgte für gegenseitigen Kontakt und reibungsloses Ineinanderarbeiten. Die Sofaecke in seinem Studierzimmer und der ovale Tisch mit der geblühten Decke hat ungezählte Besprechungen gesehen, in denen er uns Mitarbeitern die neuen Ideen, die ihn erfüllten, auseinandersetzte und uns mit ihrer Durchführung betraute. Gar mancher Besuch in den neuen Instituten galt den jeweils neu geschaffenen Einrichtungen, denen er seine väterliche Sorge widmete. An dem Unterrichtsbetrieb der neuen Lehrgebiete nahm er zuweilen tätigen Anteil durch Veranstaltung von Seminaren, die er in Gemeinschaft mit den Ver-

tretern der in Betracht kommenden Fächer abhielt, und in denen er seine bewährten Lehrmethoden seinen Mitarbeitern vor Augen führte. Diese „Kleinschen Seminare“, die eine hervorstechende Besonderheit seines Lehrbetriebes darstellen, behandelten die verschiedensten Gebiete der technischen Mechanik, graphische Statik, Hydraulik, Elastizitätstheorie, Kieseltheorie, Theorie des Schiffs, weiter auch Elektrotechnik u. a. m. und bestanden aus Vorträgen der Studenten über einzelne Abschnitte dieser Gebiete, die in ausführlichen gemeinsamen Vorbesprechungen und in eingehender persönlicher Bezugnahme mit den Vortragenden vorbereitet wurden. Fast regelmäßig waren sie der Ausgangspunkt von einigen Dissertationen. Für uns Lehrende waren sie eine Quelle von Anregung und Belehrung.

Wie *Klein* uns durch seinen prachtvollen Optimismus mit forttrieb und oft zu Leistungen brachte, an die wir selbst gar nicht einmal den richtigen Glauben hatten, dafür möchte ich als ein Beispiel, das mich selbst betrifft, die näheren Umstände anführen, wie ich zur Luftschiffahrt gekommen bin. Durch die Vermittlung von *Althoff* waren drei Göttinger, *Klein*, *Wiechert* und ich, in den technischen Ausschuß der 1906 gegründeten „Motorluftschiff-Studiengesellschaft“ berufen worden. Von *Klein* vor die Aufgabe gestellt, etwas zu ersinnen, was als Arbeit für diesen Ausschuß in Göttingen gemacht werden könnte, schlug ich eine Modell-Versuchsanstalt für die Messung der Widerstände der Luftschiffe — entsprechend den Schleppversuchsanstalten des Schiffbaues — vor und entwarf einen Plan für eine solche Anstalt. Dieser fand nach einigem Hin und Her wirklich die Genehmigung der Gesellschaft und die kleine Anstalt wurde in Göttingen gebaut. Kurz darauf wurde ich auch dazu kommandiert, Vorlesungen über Luftschiffahrt zu halten und erhielt hierzu einen offiziellen Lehrauftrag¹⁾, den ersten dieser Art in Deutschland. Göttingen sollte, nach Kleins Plan, ein wissenschaftlicher Mittelpunkt für die Luftfahrt werden. Wie weit das in der Tat geglückt ist, zeigte die lebhafteste Beteiligung, die eine auf Kleins Anregung hin im Herbst 1911 veranstaltete „Versammlung von Vertretern der Flugwissenschaft“ in Göttingen fand, zu der aus ganz Deutschland die beteiligten Kreise sich zusammenfanden²⁾. Diese Versammlung hat, wie erwähnt werden möge, die Gründung der „Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt“ im Frühjahr 1912 im Gefolge gehabt.

Klein ging aber noch weiter. Die inzwischen gegründete „Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft“ zur

¹⁾ Vgl. den Kleinschen Aufsatz in der Physikal. Zeitschrift, I. Jahrg. (Dez. 1899), der in der oben erwähnten Vortragsammlung ebenfalls abgedruckt ist. (Lit.-Verz. D Nr. 129.)

²⁾ „Die physikalischen Institute der Universität Göttingen“, Festschrift 1906, herausgegeb. von der Göttinger Vereinigung, Leipzig 1906 bei B. G. Teubner. Der vorerwähnte Aufsatz ist hier nochmals abgedruckt.

³⁾ „Zum zwanzigjährigen Bestehen der Göttinger Vereinigung für angewandte Physik und Mathematik. Festbericht 1918.“ Als Manuskript gedruckt bei B. G. Teubner, Leipzig 1918. Die Kleinsche Festrede ist im Jahresb. d. Deutsch. Math.-Ver. 1919 wieder abgedruckt. (Lit.-Verz. D Nr. 165.)

¹⁾ Dies auf spezielle Anregung von Herrn v. *Böttinger*, der diese Pläne sehr gefördert hat.

²⁾ „Verhandlungen der Versammlung von Vertretern der Flugwissenschaft am 3. bis 5. Nov. 1911 zu Göttingen.“ Oldenbourg, München 1912. Die Fachvorträge sind auch im Jahrgang 1912 der Zeitschr. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt abgedruckt.

Förderung der Wissenschaften“ sollte veranlaßt werden, an Stelle der sehr bescheidenen kleinen Modell-Versuchsanstalt ein großes Kaiser-Wilhelm-Institut für Aerodynamik in Göttingen zu errichten. Wieder erhielt ich den Auftrag, in einer Denkschrift auseinander zu setzen, warum dieses Institut nötig sei und warum es nirgends anders, als in Göttingen errichtet werden müsse. Ich entledigte mich dieser Aufgabe nach besten Kräften, aber ohne rechten Glauben an einen Erfolg. Und doch sollte wieder der Kleinsche Optimismus siegreich sein. War es das erste Mal die starke Hilfe von *Althoff* gewesen, so wurde diesmal unser Plan durch das Eingreifen des ersten Vorsitzenden der Göttinger Vereinigung, Herrn Geheimen Regierungsrat Dr. v. *Böttinger*, der auch Senator der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft war, über die vorhandenen Schwierigkeiten hinweggetragen. Die Verhandlungen bezüglich des Institutes waren fast abgeschlossen, als der Krieg ausbrach und der Plan auf unabsehbare Zeit zurückgestellt werden mußte. Wieder war es im Frühjahr 1915 *Klein*, der mir die Idee eingab, eine neue Denkschrift, nun an das Kriegsministerium, einzureichen, die auf die militärischen Notwendigkeiten für eine größere und besser ausgestattete aerodynamische Versuchsanstalt hinwies. Die Denkschrift fand eine günstige Aufnahme und die neue Versuchsanstalt ist, wieder unter tätiger Mithilfe von Geheimrat v. *Böttinger*, aus Heeresmitteln in den Jahren 1915/17 errichtet worden. Dies als ein Beispiel von vielen!

Die „Göttinger Vereinigung“ hat sich in den einundzwanzig Jahren ihres Bestehens aus kleinen Anfängen zu einer Gesellschaft von 48 „industriellen“ und 23 „wissenschaftlichen“) Mitgliedern entwickelt. Ihre Ziele haben je länger je mehr auch die Anerkennung außenstehender Kreise erlangt. Hatte sich noch bei der Feier des 10-jährigen Bestehens der damalige Rektor bei seiner Begrüßungsrede veranlaßt gefühlt, zu erklären, daß er nicht im Namen aller Kollegen zu sprechen in der Lage sei, so war bei der Zwanzigjahrfeier die Zustimmung allseitig und einhellig gewesen. Bei einem von der Göttinger Vereinigung zusammen mit der Unterrichtsverwaltung unternommenen Naturwissenschaftlich-Technischen Ferienkurs für Juristen und Verwaltungsbeamte 1911 wirkte die Technische Hochschule Hannover einträchtig mit der Göttinger Universität zusammen. Die Göttinger Vereinigung darf sich auch rühmen, zum Vorbild für andere z. T. sehr viel größere und mächtigere Gesellschaften an anderen Orten geworden zu sein, die die Förderung der wissenschaftlichen Forschung und die bessere Fühlung zwischen Gelehrten und werktätiger Praxis sich zur Aufgabe gesetzt haben. Die von *Althoff* gegründete Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft steht unter diesen

Gesellschaften in vorderster Reihe. — Die von der Göttinger Vereinigung gegründeten Institute haben eine große Schar von Schülern hervorgebracht, von denen eine Reihe heute in der Industrie wirkt, eine kleine Anzahl auch bereits akademische Lehrstühle einnimmt und Göttinger Geist, d. i. Kleinschen Geist, weiter verbreitet.

Die Schilderung von *Kleins* Tätigkeit für die Schaffung von Anknüpfungen zwischen den reinen Wissenschaften und ihren Anwendungen wäre unvollständig, wenn nicht auch der „Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften“ gedacht würde, auf deren Zustandekommen und auf deren Ausgestaltung im einzelnen *Klein* den größten Einfluß ausübte. Die Enzyklopädie erstreckt sich außer auf die reine Mathematik auch auf deren Anwendungen in Mechanik, Physik, Astronomie, Geodäsie usw., insonderheit auch auf die Grenzgebiete dieser Fächer zur Technik. Für die den Anwendungen gewidmeten Bände war *Klein* der Spiritus rector, für den sehr umfangreichen Mechanikband Redakteur. Man muß in jener Zeit, als dieses Werk im Entstehen war, die Tätigkeit von *Klein* mit erlebt haben, um zu wissen, welches ungeheure Maß von Arbeit und Energie er selbst aufgewendet hat, um das Werk zu dem zu machen, was es wirklich geworden ist. Bei der Vielartigkeit des Stoffes und der Verschiedenartigkeit der Mitarbeiter war es nicht ausgeblieben, daß der eine oder andere Artikel nach dieser oder jener Richtung unzureichend war. In vielen Fällen bestand die Rettung darin, daß ein Seminar über den Gegenstand angesetzt wurde und daß der Artikel hernach von einem jungen Gelehrten, der sich in diesem Seminar durch verständnisvolle Mitarbeit ausgezeichnet hatte, in persönlicher Bezugnahme mit *Klein* und seinem getreuen Mitarbeiter für die Enzyklopädie, Dr. *Konrad Müller*, in Ordnung gebracht wurde.

Die Enzyklopädie ist nicht nur eine Fundgrube für einen gewaltig ausgedehnten Wissensstoff geworden, sondern es sind verschiedene bis dahin kaum gekannte Anwendungsgebiete in ihr zum ersten Male zusammenhängend bearbeitet und einem weiten Leserkreis von Mathematikern und mathematisch interessierten Vertretern der Physik und Technik zugänglich gemacht. Sie ist für ihren Schöpfer ein *monumentum aere perennius* geworden. Möchte das gleiche einst auch von den Göttinger Einrichtungen für die angewandten Wissenschaften gesagt werden dürfen, deren Zukunft, wie die des ganzen Vaterlandes, zurzeit mit schwarzen Wolken verhangen ist! Möchten sie, allen Stürmen zum Trotz, sich weiter entwickeln und in späten Zeiten noch den Ruhm ihres Schöpfers künden!

1) D. h. Göttinger Professoren.

Liste der Veröffentlichungen.

A. Selbständig erschienene Veröffentlichungen, redigierte Sammelwerke, sowie Einführungsworte zu Werken anderer.

1. „Über die Transformation der allgemeinen Gleichung des zweiten Grades zwischen Linienkoordinaten auf eine kanonische Form.“ Inauguraldiss. Bonn 1868 (Promotion am 12. Dez. 1868). Abgedr. mit Änderungen u. Zusätzen Math. Annalen 23 (1884).
2. Bearb. u. Herausgabe von „J. Plücker, Neue Geometrie des Raumes, gegründet auf die Betrachtung der geraden Linie als Raumelement. Zweite Abteilung.“ Mit eigenen im Vorwort besonders bezeichneten Zusätzen. Leipzig, Teubner, 1869.
3. „Vier Modelle zur Theorie der Linienkomplexe zweiten Grades.“ Köln, J. Eigel u. Sohn, 1871.
4. „Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen.“ Programm zum Eintritt in die philosophische Fakultät und den Senat der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen. Erlangen, A. Deichert, 1872. Übers. ins Französ. von Padé, Ann. de l'école norm. sup. (3) 8 (1891); ins Italien. von G. Fano, Ann. di mat. (2) 17 (1890); ins Englische von M. W. Haskell, Bull. of the New York math. soc., 2 (1893); ins Polnische von S. Dickstein, Prac. matematyczno-fizycznych 6 (1895); ins Russische von D. Sintzow, Kasan. Ges. (2) 5 u. 6 (1896); ins Ungarische von Kopp Lajos, Budapest (1897). Abgedr. Math. Ann. 43 (1893).
5. Redaktion der Math. Annalen, Mitwirkung seit Bd. 6 (1873). Übernahme der Redaktion seit Bd. 10 (1876).
6. Vorwort zu „A. Clebsch, Vorlesungen über Geometrie“, herausgeb. von F. Lindemann, Bd. 1, Leipz., Teubner (1876).
7. Herausgabe von „München in naturwissenschaftlicher und medizinischer Beziehung“, Leipzig u. München (1877).
8. Herausgabe von „Amtlicher Bericht der 50. Vers. D. Naturf. u. Ärzte in München“ (1877).
9. „Über Riemanns Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale“ (VIII + 82 S.), Leipzig, Teubner, 1882. Übers. ins Englische von F. Hardcastle, Cambridge, Macmillan and Bowes (1893).
10. „Vorlesungen über das Ikosaeder und die Auflösung der Gleichungen vom fünften Grade“ (VIII u. 260 S.), Leipzig, Teubner, 1884. Übers. ins Englische von G. G. Morrice. London, Trübner and Co., 1888.
11. „Vorlesungen über die Theorie der elliptischen Modulfunktionen“, ausgearb. u. vervollst. von R. Fricke 1 (XX u. 764 S.), 2 (XV u. 712 S.). Leipzig, Teubner, 1890 u. 92.
12. Vorwort zu „F. Pockels, Über die partielle Differentialgleichung $\Delta u + k^2 u = 0$ “. Leipzig, Teubner, 1890. (Das Buch stellt in einigen besonders bezeichneten Teilen die Ausführung einer Vorlesung von Klein aus dem W. S. 1889—90 dar.)
13. „The Evanston Colloquium. Lectures on Mathematics“, reported by Alexander Ziwet (IX u. 109 S.). New York, Macmillan and Co., 1894. Zweite Auflage 1911. Übers. ins Französische von L. Laugel. Paris, A. Hermann, 1898 (mit weiteren Literaturnachweisen). Übers. ins Polnische von S. Dickstein. Warschau 1899.
14. Vorwort zu „M. Bôcher, Über die Reihentwicklungen der Potentialtheorie“. Leipzig, Teubner, 1894. (Das Buch stellt in einigen besonders bezeichneten

neten Teilen die Ausführung einer Vorles. von Klein aus dem W. S. 1889/90 dar.)

15. „Vorträge über ausgewählte Fragen der Elementargeometrie“ (V u. 66 S.), Leipzig, Teubner, 1895. Übers. ins Französ. von J. Gries, Paris, Nony et Cie. 1896; ins Italien. von F. Giudice, Torino, Rosenberg e Sellier, 1896; ins Engl. von Beman and Smith, Boston u. London, Ginn and Cie., 1897.

16. „R. Fricke u. F. Klein, Vorlesungen über die Theorie der automorphen Funktionen“. 1, 1897, 2, Teil 1, 1901, Teil 2, 1911, Teil 3, 1912 (XIV u. 634 S. VIII u. 668 S.), Leipzig, Teubner.

17. „F. Klein u. A. Sommerfeld, Über die Theorie des Kreisels“, Heft 1 (IV u. 196 S.) 1897, Heft 2 (IV u. 315 S.) 1898, Heft 3 (IV u. 247 S.) 1903. Heft 4, bearb. u. ergänzt von F. Noether (II u. 206 S.) 1910. Leipzig, Teubner.

18. „The mathematical theory of the top“, Princeton lectures. New York, Charles Scribners sons. 1897 (74 S.).

19. Vorwort und Anmerkungen zu „E. J. Routh, Die Dynamik des Systeme starrer Körper“, 2 Bde. Leipzig, Teubner, 1898.

20. „Über die Neueinrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik an der Universität Göttingen. Mit einer Antwort auf die von Prof. Slaby in der Sitzung des preußischen Herrenhauses vom 30. März 1900 gehaltene Rede.“ Leipzig, Teubner 1900 [23 S.].

21. Herausgabe von „C. F. Gauß' Werken“ Bd. VIII (1900), Bd. IX (1903), Bd. VII (1906), Bd. X, Teil 1 (1917). Leipzig, Teubner.

22. Redaktion von Bd. IV der „Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen“, Teilband 1 (mit Vorwort), 1901—1908. Teilbd. 2 (erscheint seit 1907), Teilbd. 3, 1901—1908, Teilbd. 4, 1907—1917, Leipzig, Teubner.

23. „F. Klein und E. Riecke, Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen.“ Vorträge von E. Riecke, F. Klein, F. Schilling, E. Wiechert, G. Bohlmann, E. Meyer, Th. Descoudres während eines Göttinger Ferienkurses, mit Wiederabdruck verschiedener Aufsätze von F. Klein (VI u. 252 S.). Leipzig, Teubner 1900.

24. Vorwort zu „F. Enriques, Vorlesungen über projektive Geometrie“. Leipzig, Teubner, 1903.

25. „F. Klein und E. Riecke, Neue Beiträge zur Frage des mathematischen und physikalischen Unterrichts“, Vorträge von O. Behrendsen, E. Bose, E. Götting, F. Klein, E. Riecke, F. Schilling, J. Stark, K. Schwarzschild während eines Göttinger Ferienkurses, 1 (VII u. 190 S.), 2 (VI u. 198 S.). Leipzig, Teubner, 1904.

26. „Über die Aufgaben und die Zukunft der philosophischen Fakultät“, Kaisergeburtstagsrede vom 27. Jan. 1904. Göttingen, Kaestner, 1904. Abgedruckt im Jahresber. der D. Math. Ver. 13, 1904, teilweise abgedruckt in der Phys. Zeitschr. 5, 1904.

27. „Vorträge über den mathematischen Unterricht“, bearb. von R. Schimmek (IX u. 236 S.). Leipzig, Teubner, 1907.

28. „Universität u. Schule“, Vorträge von F. Klein, P. Wendland, A. Brandl, A. Harnack auf der Vers. Deutscher Philol. u. Schulmänner zu Basel 1907 (88 S.). Leipzig, Teubner, 1907.

29. „Wissenschaft und Technik“, Vortrag, geh. bei der Jahresfeier des Deutschen Museums in München

am 1. Okt. 1908, München, 1908. Abgedr. in der Internat. Wochenschrift 2, im Jahresber. der D. Math. Ver. 17 und in der Phys. Zeitschr. 9, 1908.

30. Vorwort zu „J. Tannery, Elemente der Mathematik“. Leipzig, Teubner, 1909.

31. „Schriften des Deutschen Unterausschusses der internationalen mathematischen Unterrichtskommission“ (Imuk). Leipzig, Teubner, und zwar:

I. Berichte und Mitteilungen. Heft 3 (S. 33—38) F. Klein u. H. Fehr, Erstes Rundschreiben des Hauptausschusses, 1909. Heft 4 (S. 38—54) F. Klein u. H. Fehr, Zweites Rundschreiben des Hauptausschusses, 1910.

II. Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland, herausg. von F. Klein. 5 Bde. in 9 Teilbänden. Bd. 1 mit einem Einführungswort von F. Klein, 1909—13. Bd. 2, 1910—13. Bd. 3 mit einem Einführungswort und einem Schlußwort von F. Klein, 1911—16. Bd. 4, 1910—15. Bd. 5 mit einem Einführungswort und einem Schlußwort von F. Klein, 1912—16.

32. „Aktuelle Probleme der Lehrerbildung“. Schriftn. des D. Aussch. für den math. u. naturw. Unterr., Heft 10 (IV u. 32 S.). Leipzig, Teubner, 1911.

33. F. Klein und M. Brendel (später F. Klein, M. Brendel und L. Schlesinger) „Materialien für eine wissenschaftliche Biographie von Gauß“. Leipzig, Teubner. Hefte 1—6, 1911—1918.

34. Die Kultur der Gegenwart. III. Teil, 1. Abteilung. Die mathematischen Wissenschaften. Unter Leitung von F. Klein. Lieferung 1—3, 1912—1914.

B. Autographierte Vorlesungshefte,

im Kommissionsverlag von B. G. Teubner, Leipzig.

1. „Nicht-Euklidische Geometrie“, Teil 1, W. S. 1889/90 (364 S.), Teil 2, S. S. 1890 (238 S.).

2. „Höhere Geometrie“, Teil 1, W. S. 1892/93 (VI u. 567 S.), Teil 2, S. S. 1893 (IV u. 388 S.). Neudruck 1907.

3. „Riemannsche Flächen“, Teil 1, W. S. 1891/92 (254 S.), Teil 2, S. S. 1892 (262 S.). Neudruck 1906.

4. „Über die hypergeometrische Funktion“, W. S. 1893/94 (569 S.).

5. „Lineare Differentialgleichungen der zweiten Ordnung“, S. S. 1894 (524 S.). — Neudruck von 4 und 5 im Jahre 1906.

6. „Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie“, Teil 1, W. S. 1895/96 (XI u. 391 S.), Teil 2, S. S. 1896 (354 S.). Neudruck 1907.

7. „Anwendung der Differential- u. Integralrechnung auf Geometrie, eine Revision der Prinzipien“, S. S. 1901 (VIII u. 468 S.). 2. Aufl. 1907.

8. „Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus“, Teil 1, 1908 (VIII u. 590 S.), Teil 2, 1909 (VIII u. 515 S.). 2. Aufl. von Teil 1 (mit Zusätzen u. Änderungen) 1911, von Teil 2 1913.

Außerdem sind einzelne Vorlesungen in autorisierten Vervielfältigungen verbreitet:

Geometrische Funktionentheorie 1880—1881.

Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der linearen Differentialgleichungen zweiter Ordnung, I W.-S. 1890—91, II S.-S. 1891.

Die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert 1914—18,

I. Teil. Die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts.

II. Teil. Reine Mathem. bis ca. 1850. Math. Phys. bis ca. 1880.

III. Teil. Funktionentheorie von 1850 bis ca. 1900.

IV. Teil. Die Invariantentheorie der einfachen kontinuierlichen Gruppen in ihrer Bedeutung für die neueste mathematische Physik.

V. Teil. Gruppen analytischer Punkttransformationen bei Zugrundelegung einer quadratischen Differentialform.

C. Die bei F. Klein bearbeiteten Dissertationen (die Ortsangaben beziehen sich auf die promovierenden Universitäten).

1. Dickmann, J., „Über die Modifikationen, welche die ebene Abbildung einer Fläche 3. Ordn. durch Auftreten von Singularitäten erfährt“. Göttingen, 1871.

2. Lindemann, F., „Über unendlich kleine Bewegungen und über Kraftsysteme bei allgemeiner projektivischer Maßbestimmung“, Erlangen, 1873.

3. Weiler, A., „Über die verschiedenen Gattungen der Komplexe 2. Grades“, Erlangen, 1873.

4. Bretschneider, W., „Über Kurven 4. Ordn. mit 3 Doppelpunkten“, Erlangen, 1875.

5. Braun, W., „Die Singularitäten der Lissajous'schen Stimmgabelkurven“, Erlangen, 1875.

6. Harnack, A., „Über die Verwertung der elliptischen Funktionen für die Geometrie der Kurven 3. Grades“, Erlangen, 1875.

7. Wedekind, L., „Beiträge zur geometrischen Interpretation binärer Formen“, Erlangen, 1875.

8. Rohn, K., „Betrachtungen über die Kummer'sche Fläche und ihren Zusammenhang mit den hyperelliptischen Funktionen $p = 2$ “, München, 1878.

9. Dyck, W., „Über regulär verzweigte Riemannsche Flächen und die durch sie definierten Irrationalitäten“, München, 1879.

10. Gierster, J., „Die Untergruppen der Galoisschen Gruppe der Modulargleichung für den Fall eines primzahligen Transformationsgrades“, Leipzig, 1881.

11. Hurwitz, A., „Grundlagen einer independenten Theorie der elliptischen Modulfunktionen und Theorie der Multiplikatorgleichungen 1. Stufe“, Leipzig, 1881.

12. Staude, O., „Über lineare Gleichungen zwischen elliptischen Koordinaten“, Leipzig, 1881.

13. Lange, E., „Die 16 Wendeberührungspunkte der Raumkurve 4. Ordn. 1. Spezies“, Leipzig, 1882.

14. Weichold, G., „Über symmetrische Riemannsche Flächen und die Periodizitätsmoduln der zugehör. Abelschen Normalintegr. 1. Gattung“, Leipzig, 1883.

15. Dingeldey, F., „Über die Erzeugung von Kurven 4. Ordn. durch Bewegungsmechanismen“, Leipzig, 1885.

16. Fiedler, E. W., „Über eine besondere Klasse irrationaler Modulargleichungen der ellipt. Funkt.“, Leipzig, 1885.

17. Fischer, O., „Konforme Abbildung sphärischer Dreiecke aufeinander mittelst algebraischer Funktionen“, Leipzig, 1885.

18. Domsch, P., „Über die Darstell. der Flächen 4. Ordn. mit Doppelkegelschnitt durch hyperellipt. Funktionen“, Leipzig, 1885.

19. Fine, H. B., „On the singularities of curves of double curvature“, Leipzig, 1886.

20. Fricke, R., „Über Systeme elliptischer Modul-funktionen von niedriger Stufenzahl“, Leipzig, 1886.

21. Friedrich, G., „Die Modulargleichungen der Galoisschen Moduln der 2. bis 5. Stufe“, Leipzig, 1886.

22. Nimsch, P., „Über die Perioden der ellipt. Integrale 1. u. 2. Gattung als Funktionen der rationalen Invarianten“, Leipzig, 1886.

23. Biedermann, P., „Über Multiplikatorgleichungen höherer Stufe im Gebiete der elliptischen Funktionen“, Leipzig, 1887.
24. Olbricht, R., „Studien über die Kugel- und Zylinderfunktionen“, Leipzig, 1887.
25. Reichardt, W., „Über die Darstellung der Kummerschen Fläche durch hyperellipt. Funkt.“, Leipzig, 1887.
26. Witting, A., „Über eine der Hesseschen Konfiguration der ebenen Kurve 3. Ordn. analoge Konfiguration im Raume usw.“, Göttingen, 1887.
27. Haskell, M. W., „Über die zu der Kurve $\lambda^3\mu + \mu^3\nu + \nu^3\lambda = 0$ im projektiven Sinne gehörende mehrfache Überdeckung der Ebene“, Göttingen, 1890.
28. Schroeder, J., „Über den Zusammenhang der hyperelliptischen σ - und \wp -Funktionen“, Göttingen, 1890.
29. Bôcher, M., „Über die Reihenentwicklungen der Potentialtheorie“, Göttingen, 1891.
30. White, H. S., „Abelsche Integrale auf singularitätenfreien, einfach überdeckten, vollständigen Schnittkurven eines beliebig ausgedehnten Raumes“, Göttingen, 1891.
31. Thompson, H. D., „Hyperellipt. Schnittsysteme und Zusammenordnung der algebraischen und transzendenten Thetacharakteristiken“, Göttingen, 1892.
32. Schellenberg, C., „Neue Behandlung der hypergeometrischen Funktion auf Grund ihrer Definition durch ein bestimmtes Integral“, Göttingen, 1892.
33. Ritter, E., „Die eindeutigen automorphen Formen vom Geschlechte 0“, Göttingen, 1892.
34. Van Vleck, E. B., „Zur Kettenbruchentwicklung Laméscher und ähnlicher Integrale“, Göttingen, 1893.
35. Schilling, F., „Beiträge zur geometrischen Theorie der Schwarzschen s -Funktion“, Göttingen, 1894.
36. Glauner, Th., „Über den Verlauf von Potentialfunktionen im Raume“, Göttingen, 1894.
37. Woods, F. S., „Über Pseudominimalflächen“, Göttingen, 1895.
38. Furtwängler, Ph., „Zur Theorie der in Linearfaktoren zerlegbaren ganzzahligen, ternären, kubischen Formen“, Göttingen, 1896.
39. Chisholm, G., „Algebraisch-gruppentheoretische Untersuchungen zur sphärischen Trigonometrie“, Göttingen 1895.
40. Snyder, V., „Über die linearen Komplexe der Lieschen Kugelgeometrie“, Göttingen 1895.
41. Jaccottet, C., „Über die allgemeine Reihenentwicklung der Potentialfunktion nach Laméschen Produkten“, Göttingen 1895.
42. Winston, M. F., „Über den Hermiteschen Fall der Laméschen Differentialgleichung“, Göttingen 1897.
43. Wieghardt, C., „Über die Statik ebener Fachwerke mit schlaffen Stäben“, Göttingen 1903.
44. Müller, C. H., „Studien zur Geschichte der Mathematik Univ. Gött. i. XVIII. Jahrh.“, Göttingen 1904.
45. Winkelmann, M., „Zur Theorie des Maxwell'schen Kreisels“, Göttingen 1904.
46. Timpe, A., „Probleme der Spannungsverteilung in ebenen Systemen“, Göttingen 1905.
47. Ihlenburg, W., „Über die geometrischen Eigenschaften der Kreisbogenvierecke“, Göttingen 1909.
48. Behrens, W., „Ein der Theorie der Lavalturbine entnommenes mechanisches Problem usw.“, Göttingen 1911.

D. Abhandlungen¹⁾

(G. N. bedeutet „Göttinger Nachrichten“, M. A. „Mathematische Annalen“).

1. „Zur Theorie der Linienkomplexe des 1. und des 2. Grades“ (Vorl. Mitt.), G. N. 1869 (datiert 4. Juni 1869, vorgel. 5. Juni 1869) [19 S.].
2. „Zur Theorie der Linienkomplexe des 1. und des 2. Grades“, M. A. 2, 1870 (dat. 14. Juni 1869) [29 S.].
3. „Die allgemeine lineare Transformation der Linienkoordinaten“, M. A. 2, 1870 (dat. 4. Aug. 1869) [5 S.].
4. „Über die Abbildung der Komplexflächen 4. Ordnung und 4. Klasse“, M. A. 2, 1870 (dat. 14. Juni 1869) [2 S.].
5. (Mit S. Lie) „Sur une certaine famille des courbes et des surfaces“ (2 Noten), Compt. Rend. 70, 1870 (dat. 6. Juni, 13. Juni 1870) [5 und 4 S.].
6. (Mit S. Lie) „Über die Haupttangentialkurven der Kummerschen Fläche 4. Grades mit 16 Knotenpunkten“, Berl. Ber. 1870 (vorgel. am 15. Dez. 1870) [9 S.]. Abgedr. M. A. 23.
7. „Zur Theorie der Kummerschen Fläche und der zugehörigen Linienkomplexe 2. Grades“, G. N. 1871 (vorgel. am 18. Januar 1871) [6 S.].
8. „Über einen Satz aus der Theorie der Linienkomplexe, welcher dem Dupinschen Theoreme analog ist“, G. N. 1871 (vorgel. am 14. März 1871) [13 S.].
9. „Über die sogenannte Nichteuclidische Geometrie“ (Vorl. Mitt.), G. N. 1871 (vorgel. am 30. Aug. 1871) [15 S.]. Französ. Übers. im Bull. des scienc. mathém. et astron. (1) 2.
10. (Mit S. Lie) „Über diejenigen ebenen Kurven, welche durch ein geschlossenes System von einfach unendlich vielen vertauschbaren linearen Transformationen in sich übergehen“, M. A. 4, 1871 (dat. März 1871) [35 S.].
11. „Über eine geometrische Repräsentation der Resolventen algebraischer Gleichungen“, M. A. 4, 1871 (dat. Mai 1871) [13 S.].
12. „Notiz betreffend den Zusammenhang der Liniengeometrie mit der Mechanik starrer Körper“, M. A. 4, 1871 (dat. Juni 1871) [13 S.].
13. „Über die sogenannte Nichteuclidische Geometrie“, M. A. 4, 1871 (dat. 19. Aug. 1871) [53 S.]. Französ. Übersetzung in den Annales de la faculté des sc. de Toulouse 11 (1897).
14. „Über Liniengeometrie und metrische Geometrie“, M. A. 5, 1872 (dat. Okt. 1871) [21 S.].
15. „Über gewisse in der Liniengeometrie auftretende Differentialgl.“, M. A. 5, 1872 (dat. Nov. 1871) [26 S.].
16. „Über einen liniengeometrischen Satz“, G. N. 1872 (vorgel. am 2. März 1872) [12 S.]. Abgedr. M. A. 22, 1883.
17. „Über einen Satz der analysis situs“, G. N. 1872 (vorgel. am 1. Juni 1872) [8 S.].
18. „Zur Interpretation der komplexen Elemente in der Geometrie“, G. N. 1872 (vorgel. am 3. Aug. 1872) [6 S.]. Abgedr. M. A. 22, 1883.
19. Besprechung von „M. Chasles, Rapport sur les progrès de la géométrie etc.“ (Paris 1870). Gött. gelehrte Anz. 1872 [12 S.].

¹⁾ Eine Reihe von Besprechungen in den „Fortschritten der Mathematik“ für die Jahrgänge 1869 bis 1877 (Bde. 2—9), mit Kln. gezeichnet, ist nicht besonders angeführt.

20. Besprechung eines von Herrn Dr. *Neesen* nach Angaben von *F. Klein* konstruierten Modells einer Fläche 3. Ordn., G. N. 1872 (vorgel. am 3. Aug. 1872).
21. „Über die sogenannte Nicht-euklidische Geometrie II“, M. A. 6, 1873 (dat. 8. Juni 1872) [34 S.].
22. „Über Flächen 3. Ordn.“ (2 Noten), Erlanger Ber. 1873 (dat. 5. Mai und 23. Juni 1873) [6 u. 2 S.].
23. „Über eine Gleichung 12. Grades“, Erl. Ber. 1873 (dat. 12. Juli 1873) [5 S.].
24. „Übertragung des Pascalschen Satzes auf Raumgeometrie“, Erl. Ber. 1873 (dat. 10. Nov. 1873) [3 S.]. Abgedr. M. A. 22, 1883.
25. „Der allgemeine Funktionsbegriff und seine Darstellung durch eine willkürliche Kurve“, Erl. Ber. 1873 (dat. 8. Dez. 1873) [11 S.]. Abgedr. M. A. 22, 1883.
26. „Über Flächen 3. Ordn.“, M. A. 6, 1873 (dat. 6. Juni 1873) [31 S. u. 6 Tafeln].
27. „Über die Plückersche Komplexfläche“, M. A. 7, 1874 (dat. Okt. 1873) [4 S.].
28. Mitarbeit an „Rudolf Friedrich Alfred Clebsch, Versuch einer Darlegung und Würdigung seiner wissenschaftlichen Leistungen“, M. A. 7, 1874 (dat. Juli 1873).
29. „Nachtrag zu dem zweiten Aufsätze über Nicht-euklidische Geometrie“, M. A. 7, 1874 (dat. Januar 1874) [7 S.].
30. „Bemerkungen über den Zusammenhang von Flächen“, M. A. 7, 1874 (dat. Febr. 1874) [9 S.].
31. „Über eine neue Art von Riemannschen Flächen“, M. A. 7, 1874 (dat. Febr. 1874) [9 S.].
32. „Weitere Mitteilung über eine neue Art von Riemannschen Flächen“, Erl. Ber. 1874 (dat. 11. Mai 1874) [5 S.].
33. „Otto Hesse“, Nachruf, Ber. über die Kgl. polyt. Schule zu München für 1874/75 [4 S.]. Franz. Übers. im *Bulletino di bibliog. e di storia delle sc. mat.* etc. von Bon compagni, 9, Roma 1876.
34. „Über eine Relation zwischen den Singularitäten einer algebraischen Kurve“, Erl. Ber. 1875 (dat. 13. Dez. 1875) [5 S.].
- 34 a. „Eine neue Relation zwischen den Singularitäten einer algebraischen Kurve“, M. A. 10, 1876 (dat. Januar 1876) [11 S.].
35. „Binäre Formen mit linearen Transformationen in sich“, M. A. 9, 1876 (dat. Juni 1875) [26 S.].
36. „Über den Zusammenhang der Flächen“, M. A. 9, 1876 (dat. Nov. 1875) [8 S.].
37. „Über lineare Differentialgl.“, Erl. Ber. 1876 (dat. 26. Juni 1876) [4 S.]. Abgedr. M. A. 11, 1877 [5 S.]. Franz. Übers. im *Bull. des sc. mathém. et astr.* (2) 1, 1877.
38. „Weitere Unters. über das Ikosaeder“, Erl. Ber. 1876 (dat. 13. Nov. 1876) [14 S.].
39. „Über den Verlauf der Abelschen Integrale bei den Kurven vierten Grades“, M. A. 10, 1876 (dat. April 1876) [33 S. u. 3 Tafeln].
40. „Über eine neue Art von Riemannschen Flächen II“, M. A. 10, 1876 (dat. April 1876) [19 S.].
41. „Ist Oerstedt oder Schweigger der Entdecker des Elektromagnetismus?“ *Pogg. Ann.* 157, 1876 (dat. März 1876) [2 S.].
42. „Weitere Unters. über das Ikosaeder, II u. III“, 2 Noten, Erl. Ber. 1877 (dat. 15. Januar und 9. Juli 1877) [14 u. 4 S.].
43. „Über den Verlauf der Abelschen Integrale bei den Kurven 4. Gr., II“, M. A. 11, 1877 (dat. Aug. 1876) [13 S. u. 1 Tafel].
44. „Über lineare Differentialgl.“, M. A. 12, 1877 (dat. April 1877) [13 S.].
45. „Weitere Unters. über das Ikosaeder“, M. A. 12, 1877 (dat. Aug. 1877) [58 S.].
46. „Über die Gestalten der Kummerschen Fläche“, Amtl. Ber. der 50. Vers. D. Naturf. u. Ärzte in München 1877 [S. 35].
47. „Über elliptische Funktionen“, ebenda [S. 104].
48. „Sull' equazione del Icosaedro nella risoluzione dell' equazioni del quinto grado“, Schreiben an *Brioschi*, Rendic. del R. Istit. Lombardo (2) 10, 1877 (dat. 6. April 1877) [3 S.].
49. „On the transformation of elliptic functions“, Lond. math. soc. proc. 9, 1877/78 (vorgel. am 9. Mai 1878) [9 S.].
50. „Über Gleichungen 7. Gr.“, 2 Noten, Erl. Ber. 1878 (dat. 4. März und 20. Mai 1878) [2 u. 5 S.].
51. „Über die Transformation der elliptischen Funktionen und die Auflö. der Gleichungen 5. Gr.“, M. A. 14, 1879 (dat. Mai 1878) [62 S.].
52. „Über die Erniedrigung der Modulargleichungen“, M. A. 14, 1879 (dat. Okt. 1878) [11 S. u. 2 Tafeln].
53. „Über die Transformation 7. Ordn. der ellipt. Funkt.“, M. A. 14, 1879 (dat. Nov. 1878) [44 S. u. 1 Tafel].
54. „Sull' equazione modulari“, Schreiben an *Brioschi*, Rendic. del R. Istit. Lomb. (2) 8, 1879 (dat. 30. Dez. 1878, vorgel. 2. Jan. 1879) [4 S.]. Deutsche Übers. unter dem Titel „Über Multiplikatorgleichungen“, M. A. 15, 1879 [3 S.].
55. „Über die Auflösung gewisser Gleichungen vom 7. u. 8. Grade“, M. A. 15, 1879 (dat. März 1879) [32 S.].
56. „Über die Transformation 11. Ordn. der ellipt. Funkt.“, M. A. 15, 1879 (dat. 15. Aug. 1879) [23 S. u. 1 Tafel].
57. „Zur Theorie der elliptischen Modulfunkt.“, Münch. Ber. 1879 (vorgel. am 6. Dez. 1879) [12 S.]. Abgedr. M. A. 17 [9 S.].
58. „Sulla risolvibile di 11° grado dell' equazione modulare di 12° grado“, Trans. delle R. Acc. dei Lincei (3) 3, 1879 (vorgel. am 4. Mai 1879) [2 S.].
59. „Sulla trasformazione dell' 11° ordine delle funzioni ellittiche“, Rendic. del R. Istit. Lomb. (2) 12, 1879 (vorgel. am 17. Juli 1879) [4 S.].
60. „Über unendlich viele Normalformen des ellipt. Integrals 1. Gatt.“, Münch. Ber. 1880 (vorgel. am 3. Juli 1880) [9 S.]. Abgedr. M. A. 17 [6 S.].
61. „On the transformation of elliptic functions“, Lond. math. soc. proc. 11, 1879/80 (dat. 5. Okt. 1880) [2 S.].
62. „Über die geometrische Definition der Projektivität auf den Grundgebilden der ersten Stufe“, M. A. 17, 1880 (dat. April 1880) [3 S.].
63. „Über gewisse Teilwerte der θ -Funktion“, M. A. 17, 1880 (dat. 10. Jan. 1881) [3 S.].
64. „Über Lamésche Funktionen“, M. A. 18, 1881 (dat. Jan. 1881) [10 S.].
65. „Über Körper, welche von konfokalen Flächen 2. Grades begrenzt sind“, M. A. 18, 1881 (dat. 14. März 1881) [18 S.].
66. „Bemerkung über Flächen 4. Ordn.“, M. A. 18, 1881 (dat. 5. Apr. 1881) [1 S.].
67. „Über die konforme Abbildung von Flächen“, M. A. 19, 1882 (dat. Okt. 1881) [2 S.].
68. „Über eindeutige Funktionen mit linearen Transformationen in sich“, M. A. 19, 1882 (dat. 12. Januar 1882) [4 S.].

69. „Über eindeutige Funktionen mit linearen Transformationen in sich, II“, M. A. 20, 1882 (dat. 27. März 1882 [3 S.].

70. „Neue Beiträge zur Riemannschen Funktionen-theorie“, M. A. 21, 1883 (dat. 2. Okt. 1882) [78 S. und 2 Tafeln].

71. „Über gewisse Differentialgl. 3. Ordn., Leipz. Ber. 35, 1883 (vorgel. am 29. Jan. 1883) [6 S.]. Abgedr. M. A. 23, 1884.

72. „Zur Theorie der elliptischen Funktionen nter Stufe“, Leipz. Ber. 36, 1884 (vorgel. am 14. Nov. 1884) [38 S.].

73. „Neue Unters. über ellipt. Modulfunkt. der niedersten Stufen“, Leipz. Ber. 37, 1885 (vorgel. 2. März 1885) [22 S.].

74. „Über die elliptischen Normalkurven der Nten Ordnung und zugehörige Modulfunktionen Nter Stufe“, Leipz. Abhandl. 13, 1885 (dat. 10. April 1885) [66 S.].

75. „Neue Untersuchungen im Gebiete der elliptischen Funktionen“, M. A. 26, 1886 (dat. 17. Sept. 1885) [10 S.].

76. „Über Konfiguration, welche der Kummerschen Fläche zugleich eingeschrieben und umgeschrieben sind“, M. A. 27, 1886 (dat. 28. Sept. 1885) [37 S.].

77. „Über hyperelliptische Sigmafunktionen“, M. A. 27, 1886 (dat. 10. April 1886) [34 S.].

78. „Über Gleichungen 6. u. 7. Grades“, M. A. 28, 1887 (dat. Okt. 1886) [34 S.].

79. „Zur geometrischen Deutung des Abelschen Theorems der hyperelliptischen Integrale“, M. A. 28, 1887 (dat. Okt. 1886) [28 S.].

80. „Zur Theorie der hyperelliptischen Funktionen beliebig vieler Argumente“, G. N. 1887 (vorgel. am 5. Nov. 1887) [7 S.].

81. „Sur la resolution par les fonctions hyperelliptiques de l'équation du 27ième degré, de laquelle depend la détermination des 27 droites d'une surface cubique“, Schreiben an C. Jordan, Journ. de mathém. (4) 4, 1888 (dat. 22. Sept. 1887) [4 S.].

82. „Über irrationale Kovarianten“, G. N. 1888 (vorgel. am 5. Mai, dat. 15. März 1888) [4 S.].

83. „Über hyperelliptische Sigmafunktionen II“, M. A. 32, 1888 (dat. 24. März 1888) [30 S.].

84. „Zur Theorie der Abelschen Funktionen, I“, G. N. 1889 (vorgel. am 2. März 1889) [12 S.].

85. „Zur Theorie der Abelschen Funktionen, II“, G. N. 1889 (vorgel. am 1. Juni 1889, dat. 12. Mai 1889) [5 S.].

86. „Formes principales sur les surfaces de Riemann“, Compt. Rend. 1889 (dat. 21. Januar 1889) [4 S.].

87. „Des fonctions theta sur la surface générale de Riemann“, Compt. Rend. 1889 (dat. 11. Febr. 1889) [4 S.].

88. „Über die konstanten Faktoren der Thetareihen für $p=3$ “, London math. soc. proc. 20, 1888/89 (vorgel. am 11. April 1889) [3 S.].

89. „Zur Theorie der Abelschen Funktionen“, M. A. 36, 1890 (dat. 24. Sept. 1890) [83 S.].

90. „Zur Theorie der Laméschen Funktionen“, G. N. 1890 (vorgel. am 1. März 1890) [11 S.].

91. „Über die Nullstellen der hypergeometrischen Reihe“, G. N. 1890 (vorgel. am 2. August 1890) [1 S.].

91 a. „Über die Nullstellen der hypergeometrischen Reihe“, vorgetr. Sept. 1890. Verhandl. der Ges. D. Naturf. u. Ärzte in Bremen 1890 II, S. 4.

92. „Zur Nicht-Euklidischen Geometrie“, M. A. 37, 1890 (dat. 20. August 1890 [29 S.].

93. „Über die Nullstellen der hypergeometrischen Reihe“, M. A. 37, 1890 (dat. 5. Sept. 1890) [18 S.].

94. „Über Normierung der linearen Differentialgl. 2. Ordn.“, M. A. 38, 1891 (dat. 23. Dezember 1890 [9 S.].

95. „Über den Hermiteschen Fall der Laméschen Differentialgl.“, M. A. 40, 1892 (dat. Sept. 1891) [5 S.].

96. „Über den Begriff des funktionentheoretischen Fundamentalbereiches“, M. A. 40, 1892 (dat. Sept. 1891) [10 S.].

97. „Geometrisches zur Abzählung der reellen Wurzeln algebr. Gleichungen“, Katalog math. Modelle. herausg. von W. Dyck, München 1892 (dat. 9. Juni 1892) [13 S.].

98. „Über neuere englische Arbeiten zur Mechanik“, vorgetr. Sept. 1891. Verh. d. Ges. D. N. u. A. in Halle 1891. Abgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 1, 1892 [2 S.].

99. „Über Realitätsverhältnisse im Gebiete der Abelschen Funktionen“, G. N. 1892 (vorgel. am 7. Mai, dat. 20. April 1892) [3 S.].

100. „Über Realitätsverhältnisse bei der einem beliebigen Geschlechte zugehörigen Normalkurve der φ “, M. A. 42, 1893 (dat. 2. Sept. 1892) [29 S.].

101. „Über die Komposition der binären quadr. Formen“, G. N. 1893 (vorgel. am 14. Jan. 1893) [4 S.].

102. „Zur Theorie der algebraischen Funktionen“, Jahresb. der D. Math. Ver. 2, 1893 [2 S.].

103. „Mathematik“, in „Lewis, die deutschen Universitäten“, Berlin, A. Ascher u. Co., 1893 [10 S.].

104. „The present state of mathematics“, Mathem. papers read at the intern. math. congress, Chicago, 1893. New York, Macmillan and Co., 1896 [4 S.]. Zuerst ersch. in „The Monist“, herausg. von Carus, 4, Chicago 1893.

105. „Über die Entwicklung der Gruppentheorie während der letzten 20 Jahre“, ebenda, S. 136.

106. „Autogr. Vorlesungshefte“, Referat über die unter B, 2, 3 und 4 gen. Vorles. M. A. 45, 1894 (dat. März 1894) [13 S.].

107. „Autogr. Vorlesungshefte“, Referat über die unter B, 5 gen. Vorles., M. A. 46, 1895 (dat. 16. Sept. 1894) [14 S.].

108. „Riemann und seine Bedeutung für die Entwicklung der modernen Mathem.“, Rede, geh. am 26. Sept. 1894, Tagebl. der 66. Vers. D. Naturf. u. Ärzte in Wien 1894, S. 212 bis 221 und in den Verhandl. der Gesellsch. D. Naturf. u. Ärzte 1894, allgem. Teil. Abgedr. Jahresber. der D. Math. Ver. 4, 1894 [17 S.]. Wiederabgedr. Zeitsch. f. den math. u. naturw. Unterr. 26, 1895. Ital. Übers. Annali di matem. (2) 23, 1895. Engl. Übers. Amer. math. soc. Bull. 1, 1895.

109. „Über die zu einem algebr. Gebilde gehörenden nirgends singulären linearen Differentialgl. der 2. Ordnung“. Vorgetr. Sept. 1894. Verh. d. Ges. D. N. u. A. in Wien, II. Abgedr. im Jahresb. d. D. Math. Ver. 4, 1897 [2 S.].

110. „Über den math. Unterr. an der Univers. Göttingen im bes. Hinblick auf die Bedürfnisse der Lehramtskand.“ Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr. 26, 1895 (vorgetr. am 4. Juni 1895) [7 S.].

111. „Über die Beziehung der neueren Mathem. zu den Anwendungen“, Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr. 26, 1895 (Antrittsrede, geh. am 25. Okt. 1895 in Leipzig).

112. „Über eine geometrische Auffassung der gewöhnl. Kettenbruchentw.“, G. N. 1895 (vorgel. am 19. Okt. 1895 [3 S.]. Franz. Übers. *Nouv. annales des math.* (3) 15, 1896.
113. „Zur Theorie der gewöhnl. Kettenbrüche“, Vorgetr. Sept. 1895, Verh. d. Ges. D. N. u. A. in Lübeck II, abgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 4, 1897 [2 S.].
- 113 a. „Über den Plan eines physikalisch-technischen Instituts an der Universität Göttingen“, Vortrag geh. am 6. Dez. 1895 im Hannoverschen Bezirksverein des Ver. Deutscher Ingenieure. *Zeitschr. des Ver. D. Ing.* 1896, S. 102 ff. Abgedr. in *Klein-Riecke*, „Über angewandte Mathem. u. Phys. usw.“.
114. „Über die Arithmetisierung der Mathem.“, G. N. (geschäftl. Mitt.) 1895 (Rede, geh. am 2. Nov. 1895) [10 S.]. Abgedr. *Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr.* 27, 1896. Ital. Übers. *Palermo Rendic.* 10, 1891. Engl. Übers. *Amer. math. soc. bull.* 2, 1896. Franz. Übers. *Nouv. annales des mathem.* (3) 16, 1897.
115. „Über die Bewegung des Kreisel“, G. N. 1896 (vorgel. am 11. Jan. 1896) [2 S.]. Französ. Übers. *Nouv. annales des math.* (3) 15, 1896.
116. „Stability of the sleeping top“, *Amer. math. soc. bull.* 3, 1897 (vorgetr. Princeton am 17. Okt. 1896) [4 S.]. Franz. Übers. *Nouv. ann. des math.* (3) 15, 1897.
117. „Die Anforderungen der Ingenieure und die Ausbildung der math. Lehramtskand.“ (vorgetr. 20. April 1896), *Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr.* 27, 1896 [6 S.]. Abgedr. in der *Zeitschr. d. Ver. D. Ing.* 1896, S. 987 ff. und in *Klein-Riecke*, „Über angewandte Math. und Phys. usw.“.
118. „Über die analytische Darstellung der Rotationen bei Problemen der Mechanik“ (vorgetr. Sept. 1896), Verh. d. Ges. D. N. u. A. in Frankfurt 1896, abgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 5, 1901, S. 87—88.
119. „Über einen Satz aus der Theorie der endlichen (diskontinuierlichen) Gruppen lin. Substitut. beliebig vieler Veränderl.“ (Mitt. eines Satzes von Moore) vorgetr. Sept. 1896, Verh. d. Ges. D. N. u. A. in Frankfurt 1896, abgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 9, 1901, S. 57.
120. „Autograph. Vorlesungshefte“, Refer. über die unter B. 6 gen. Vorl., M. A. 48, 1897 (dat. August 1896) [24 S.].
121. „Ernst Ritter“, Nachruf. Jahresbericht der D. Math. Ver. 4, 1897 (dat. 25. Sept. 1895).
122. „Erwerbung neuer auf B. Riemann bezügl. Manuskripte“, G. N. 1897 (vorgel. am 31. Juli 1897) [2 S.].
123. „Gutachten betr. den 3. Bd. der Theor. der Transformationsgruppen von S. Lie anlässlich der ersten Verteilung des Lobatschewskypreises“, *Nachr. der physiko-mathemat. Gesellsch. der Univers. Kasan* (2) 8, 1897. Abgedr. M. A. 50, 1898 [18 S.].
124. „Über den Stand der Herausg. von Gauß' Werken“, Berichte 1 bis 12, G. N. 1898, 99, 1900, 01, 02, 04, 06, 10, 11, 13, 15, 17. Franz. Übers. von Ber. 1 und 2 *Bull. des sc. mat. et astr.* 22, 1898 und 23, 1899. Alle Ber. abgedr. M. A. 50, 53, 55, 57, 61, 63, 69, 71, 74, 77, 78.
125. „Universität u. Technische Hochschule“ (vorgetr. am 19. Sept. 1898), Verh. d. Ges. D. N. u. A. in Düsseldorf 1898, wiederabgedr. im Jahresb. d. D. Math. Ver. 7, 1899 [12 S.] und in *Klein-Riecke*, „Über angewandte Mathem. u. Physik usw.“ 1900.
126. „Zum Gedächtnis Ernst Scherings“, Jahresb. der D. Math. Ver. 6, 1899 [2 S.].
127. „Sulla risoluzione delle equazioni di sesto grado“, *Rendic. acc. dei Lincei* (5) 8, 1899 (Schreiben an *Castelnuovo*, vorgel. am 2. April 1899) [1 S.].
128. „Über Aufgabe und Methode des mathem. Unterr. an den Universitäten“ (vorgetr. Sept. 1898), Verh. der Ges. D. N. u. A. in Düsseldorf 1898, wiederabgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 7, 1899 [13 S.].
129. „Über Neueinrichtungen für Elektrotechnik u. allgem. techn. Physik an der Univ. Göttingen“, *Phys. Zeitschr.* 1, 1899 (dat. Anfang November 1899). Abgedr. in A. 20, „Die physikalischen Institute der Univ. Göttingen“ Leipzig, 1906, S. 189—193, ferner in *Klein-Riecke*, „Über angew. Math. u. Phys. usw.“, 1900.
130. „Bemerkungen zu Referaten von Weber und Hauck über die angew. Math. in der Prüfungsordnung“ (vorgetr. Sept. 1899), Verh. der Ges. D. N. u. A. in München 1899, wiederabgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 8, 1900, S. 118—119.
131. „Gauß' wissenschaftl. Tagebuch“, mit Anmerk. herausg. von F. Klein. Festschr. z. Feier des 150-jährigen Bestehens der Kgl. Ges. der Wiss. zu Göttingen, Berlin 1901, abgedr. M. A. 57, 1903.
132. „Über die Enzyklopädie der mathem. Wissenschaften“ (Auszug aus einem Vortrage vom 19. Sept. 1900), Verh. der Ges. D. N. u. A. in Aachen 1900, wiederabgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 9, 1901 [7 S.]. u. in der *Phys. Zeitschr.* 2, 1901.
133. „Gutachten betreffend die Beneke-Preisauflage“, G. N. 1901 (geschäftl. Mitt.) [8 S.]. Teilweise abgedr. M. A. 55 [6 S.].
134. „Über das Brunsche Eikonal“, *Zeitschr. für Math. u. Phys.* 46, 1901 [4 S.].
135. „Räumliche Kollineationen bei optischen Instrumenten“, *Zeitschr. für Math. u. Phys.* 46, 1901 [7 S.].
136. „Der Untervicht in der Mathematik“, in *„Lexis, Die Reform des höheren Schulwesens in Preußen“*, 1902 [11 S.]. Abgedr. in *„Klein-Riecke, Neue Beiträge zur Frage des mathem. u. phys. Unterr.“* 1904, desgl. im Jahresb. d. D. Math. Ver. 13, 1904.
137. „Über den mathemat. Unterr. an den höheren Schulen“, Jahresb. der D. Math. Ver. 11, 1902 [14 S.]. Abgedr. in *„Klein-Riecke, Neue Beiträge usw.“* 1904.
138. „Zur Schraubentheorie von Sir Robert Ball“, *Zeitschr. für Math. u. Phys.* 47, 1902 [29 S.]. (dat. 3. Sept. 1901). Abgedr. mit Zusätzen M. A. 62, 1906.
139. „Über das Porträt des 26-jährigen Gauß“, G. N. (geschäftl. Mitt.) 1903 [7 S.].
140. „Zur Besprechung des math.-naturw. Unterr. auf der nächsten Naturforschervers. zu Breslau“, Verhandl. d. Gesellsch. D. Naturf. u. Ärzte zu Kassel 1903. Leipzig 1904, S. 152—155, 169. Abgedr. Jahresb. der D. Math. Ver. 13, 1904 [3 S.]. Wiederabgedr. in *„Klein-Riecke, Neue Beiträge usw.“* 1904.
141. „Mathematik, Physik, Astronomie“ in *„Lexis, Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich“* 1, 1904 [13 S.]. Abgedr. Jahresb. der D. Math. Ver. 13, 1904. desgl. *Phys. Zeitschr.* 5, 1904.
142. (Mit Wieghardt) „Über Spannungsflächen und reziproke Diagramme mit besonderer Berücksichtigung der Maxwell'schen Arbeiten“, *Archiv der Math. u. Phys.* (3), 8, 1905 (dat. 10. Febr. 1904) [35 S.].
143. „Über die Aufgabe der angewandten Mathematik, besonders über die pädagogische Seite“ (vorgetr. am 9. August 1904), Verhandl. der 3. intern. Mathem.-Kongr. in Heidelberg, Leipzig, Teubner 1905 [2 S.].

144. „Bemerkungen zum mathem. u. naturw. Unterr.“, Verhandl. d. Gesellsch. D. Naturf. u. Ärzte in Breslau 1904, Teil 1, Leipzig 1905 [14 S.] (dat. 22. Sept. 1904). Abgedr. Jahresber. der D. Math. Ver. 14, 1905, desgl. Phys. Zeitschr. 5, 1904, desgl. in „Klein-Schimmack, Vorträge über den math. Unterr. usw.“ 1907.
 145. „Probleme des mathem.-physikal. Hochschul-unterr.“, Jahresb. der D. Math. Ver. 14, 1905 (dat. Sept. 1905) [15 S.]. Französ. Übers. Enseignement mathem. 8, 1908. Abgedr. in „Klein-Schimmack, Vorträge über mathem. Unterr. usw.“ 1907.
 146. „Über die Auflösung der allg. Gleichungen 5. und 6. Grades“, Journ. f. reine u. angew. Math. 129, 1905 [24 S.]. Abgedr. M. A. 61, 1905 (dat. 22. März 1905).
 147. „Beweis für die Nichtauflösbarkeit der Iko-saedergleichung durch Wurzelziehen“, M. A. 61, 1905 (dat. 26. August 1905) [3 S.].
 148. „Zur Geschichte der Göttinger Vereinigung“, in „Die physikalischen Institute der Univers. Göttingen“, Festschr. der Gött. Vereinigung zur Förderung der angew. Phys. u. Mathem., Leipzig, Teubner, 1906, S. 189 ff.
 149. „Bemerkungen zur Theorie der linearen Differentialgl. 2. Ordnung“, M. A. 64, 1907 (dat. April 1907) [22 S.].
 150. „Über den Zusammenhang zwischen dem sogen. Oszillationstheoreme der lin. Differentialgl. und dem Fundamentaltheoreme der automorphen Funktionen (vorge-tr. 16. Sept. 1907), Verh. der Ges. D. N. u. Ä. in Dresden 1907, wiederabgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 16, 1907, S. 537.
 151. „Reformvorschläge, unterbreitet der Naturforschervers. zu Dresden 1907“, Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr. 38, 1907, S. 401 ff. Franz. Übers. (im Auszuge) Enseignement mathém. 10, 1908.
 152. (Mit Greenhill und Fehr) „Intern. mathem. Unterrichtskomm. (Imuk). Vorbericht über Organisation und Arbeitsplan“ (dat. Okt. 1908), Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr. 39, 1908, S. 446—454 und Enseignement mathém. 10, 1908.
 153. „Die Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Phys. u. Math.“ (Festrede geh. 22. Febr. 1908), Festbericht zum 10-jährigen Bestehen der Vereinigung. Abgedr. Jahresbericht der D. Math. Ver. 17, 1908 [11 S.] und in der Phys. Zeitschr. 9, 1908.
 154. „Die Einrichtungen zur Förderung der Luftschiffahrt an der Univers. Göttingen“ (Auszug aus einem Vortrage vom 28. Jan. 1909), Jahresb. der D. Mathem. Ver. 18, 1909 [3 S.]. Abgedr. Illustr. aeronaut. Mitteilungen 1909. Wiederabgedr. Phys. Zeitschrift 10, 1909.
 - * 155. „Über Selbstspannungen ebener Diagramme“, M. A. 67, 1909 (dat. 31. März 1909) [12 S.].
 156. „Zu Painlevés Kritik der Coulombschen Reibungsgesetze“, Zeitschr. für Math. u. Phys. 58, 1910 (dat. 17. April 1909) [6 S.].
 157. „Zur Beratung des Kultusetats im Preuß. Herrenhause“ (Rede geh. 27. Mai 1910), Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr. 41, 1910, S. 386 ff.
 158. „Wissenschaftl. Vorbereitungskurse für Mittelschullehrer“, Pädagog. Blätter 39, 1910 u. Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr. 41, 1910, S. 417 ff.
 159. „Über die geometrischen Grundlagen der Lorentzgruppe“ (Votr. geh. 10. Mai 1910), Jahresb. der D. Math. Ver. 19, 1910 [20 S.]. Abgedr. Phys. Zeitschr. 12, 1911.
 160. „Über die Bildung von Wirbeln in reibungslosen Flüssigkeiten“, Zeitschr. für Math. u. Phys. 58, 1910 (dat. 20. August 1909) [4 S.].
 161. „Modelle zur Darstellung affiner Transformationen von Punktsystemen in der Ebene und im Raume“, Zeitschr. für Math. u. Phys. 58, 1910 [5 S.].
 162. „Vortrag betreffend automorphe Funktionen“ (Histor. Einleit. zu den Referaten von Brouwer, Koebe, Bieberbach und Hilb, vorgetr. 27. Sept. 1911), Verh. der Ges. D. N. u. Ä. in Karlsruhe 1911, wiederabgedr. im Jahresb. der D. Math. Ver. 21, 1912, S. 153 ff.
 163. „Bericht über den heutigen Zustand des mathem. Unterr. an der Univers. Göttingen“ (ausgearb. Mitte August 1914), Zeitschr. für den math. u. naturw. Unterr. 46, 1915 [10 S.].
 164. „Zu Hilberts erster Note über die Grundlage der Physik“, G. N. 1917 (erschienen 1918). (Aus einem Briefwechsel zwischen Klein und Hilbert, vorgel. am 25. Januar 1918) [14 S.].
 165. „Festrede bei der Feier des 20-jährigen Bestehens der Göttinger Vereinigung“, Festbericht zum 20-jähr. Bestehen der Vereinig. 1918 [13 S.], wiederabgedr. im Jahresb. d. D. Math. Ver. 27, 1919.
 166. „Bericht über eine Reihe von Vorträgen über die Einsteinsche Gravitationstheorie in der Gött. mathem. Gesellsch. (geh. im S. S. 1918), Jahresb. der D. Math. Ver. 27, 1918 [4 S.]. Abgedr. (auszugsweise) in den Verh. der Amsterd. Akad. vom 26. Okt. 1918.
 167. „Über die Differentialgesetze für die Erhaltung von Impuls und Energie in der Einsteinschen Gravitationstheorie“, G. N. 1918 (vorgel. am 19. Juli 1918) [19 S.].
 168. „Über die Integralform der Erhaltungssätze und die Theorie der räumlich geschlossenen Welt“, G. N. 1919 (vorgel. am 6. Dez. 1918 [30 S.].
- Außerdem Reden und Referate* über Unterrichtsfragen im Preussischen Herrenhause von 1908 an, im stenographischen Bericht über die Verhandlungen.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin SW 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.

Die Redaktion ist für die
Entscheidung über die Aufnahme
von Beiträgen nicht verantwortlich.
Die Redaktion ist für die
Entscheidung über die Aufnahme
von Beiträgen nicht verantwortlich.

Die Redaktion ist für die
Entscheidung über die Aufnahme
von Beiträgen nicht verantwortlich.

Die Redaktion ist für die
Entscheidung über die Aufnahme
von Beiträgen nicht verantwortlich.

Die Redaktion ist für die
Entscheidung über die Aufnahme
von Beiträgen nicht verantwortlich.
Die Redaktion ist für die
Entscheidung über die Aufnahme
von Beiträgen nicht verantwortlich.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

RECEIVED

SEP 29 1919

Heft 18.

2. Mai 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die chemische Anpassung der Mikroorganismen.
Von Prof. Dr. Hans Pringsheim, Berlin. S. 319.
Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der
Wirbeltiere. Von Dr. Horst Wachs, Rostock.
S. 322.

Das Gesetz der Proportionalität von Trägheit und
Gravität. Von Obergeophysiker Dr. Desider
Pekár, Budapest. S. 327.

Besprechungen:

Hillebrand, F., Ewald Hering, Ein Gedenkwort
der Psychophysik. Von v. Brücke, Innsbruck.
S. 331.

Erinnerungen an Th. Boveri. Von J. Groß,
Berlin-Dahlem. S. 332.

Nöller, W., Die Behandlung der Pferderäude mit
Schwefeldioxyd. Von B. Harms, Berlin. S. 333.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Zustände in Deutsch-Ostafrika während des
Krieges. S. 333.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

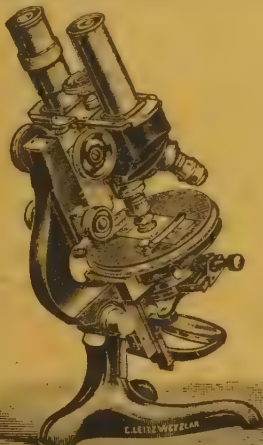
Litauen. Die erdmagnetische Deklination in
Deutschland. Schwankungen in der Depression
des Horizonts. Große Flugzeuge. Ein neu-
artiges osmotisches Experiment. Über die zeit-
lichen Eigenschaften der Regenerationsvorgänge.
Untersuchungen über die Geschwindigkeit und
Böigkeit des Windes. Milchhygiene. S. 335—338.

Astronomische Mitteilungen:

Die Theorie des Äquatorials. Statistische Unter-
suchung der Bewegung und Verteilung der
langperiodischen Veränderlichen. Die Reduktion
der astrophotographischen Platten. S. 338.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und
Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 38.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 28 52 maliger Wiederholung
10 20 35 40/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 8050–53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Prof. Dr. Hugo Krüss,
Hamburg 11.

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

**Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.**

(152)

Von der 2. Auflage von

Chwolson, Lehrbuch der Physik

liegt fertig vor: Band I

Abt. I: **Mechanik und Meßmethoden**
Gebunden 14 40 Mk.

Abt. II: **Lehre von den gasförmigen, flüssigen u. festen Körpern**
Gebunden 16 Mk.

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Für den biolog. Unterricht

Mikroskop. Präparate und Diapositive über Befruchtung, Reifung und Furchung des Eies von *Ascaris megaloc* (Pferdespulwurm). Ein Präparat oder Diapositiv M. 2.—.

Dr. med. Gaudlitz, Aue (Erzgeb.)

Soeben erschien:

Die Wünschelrute

von Dr. Friedr. Behme

4. Teil. 8°. 80 S. m. 7 Abb. Die Wünschelrute im Kriege. M. 1,80

5. Teil. 8°. 80 S. m. 23 Abb. Aus der Kriegs- u. Kampfzeit. M. 2,25

3. verm. Auflage des bisher. 3. Teiles.

Das in kurzer Zeit in mehreren Tausend Exemplaren vergriffen gewesene Heft ist an äußerst interessantem Material so erweitert worden, daß es in 2 Heften geteilt werden mußte. Jeder, der an Auffindung von verborgenen Wasseradern und Metallen interessiert ist, muß die Aufsehen erregenden Vorgänge während des Krieges kennen. (Die ersten 3 Teile sind in Neubearbeitung und erscheinen im Laufe des Sommers.) Die mit den Rätself des Seelenlebens zusammenhängende, der Lösung harrende Frage beschäftigt Gelehrte und Laien in immer wachsendem Maße.

Verlag der **Hahnschen Buchhandlung** in **Hannover**

(155)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

2. Mai 1919.

Heft 18.

Die chemische Anpassung der Mikroorganismen.

Von Prof. Dr. Hans Pringsheim, Berlin.

Während die höher organisierten Pflanzen und Tiere auf eine Nahrung von verhältnismäßig eng begrenzter chemischer Zusammensetzung angewiesen sind, besitzt die große Klasse der *Mikroorganismen als Ganzes* genommen die Fähigkeit, so ziemlich *alle* in der Natur vorkommenden Substanzen zu verarbeiten. Gerade durch sie wird daher einer Anhäufung der durch das Leben auf der Erde entstehenden Stoffe vorgebeugt, sie sorgen dafür, daß die in solchem Material festgelegten Elemente, vor allem der Kohlenstoff, der Wasserstoff, der Sauerstoff und der Stickstoff, daneben auch der Schwefel, der Phosphor u. a. dem Haushalte der Natur wieder zugeführt werden, und daß die elementare Zusammensetzung der Atmosphäre sowohl wie der Erdkruste, sei es auf dem Lande oder im Meere, in einem sich wenigstens auf sehr lange Perioden erstreckenden Gleichgewichte gehalten wird.

Sehen wir näher zu, so finden wir, daß gerade die *einzelnen* Vertreter unter den Mikroorganismen eine besondere *spezifische Anpassung* an ihre Nahrung zeigen, welche wir der Kürze wegen in unserer Überschrift als „chemische Anpassung“ bezeichnet haben. Überblicken wir das gesamte Gebiet, so wird jedoch klar, daß diese besondere Anpassung sich vornehmlich, wenigstens in ihrer roheren Form, erstreckt: einerseits auf die *hochmolekularen Naturprodukte* und andererseits auf die sich dem elementaren Zustand nähernden *niedrigsten Abbauprodukte*, während die dazwischen liegenden Glieder des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels einer größeren Klasse von Kleinlebewesen zugänglich sind. Besonders wichtig erscheint die Erörterung dieser Fragen bei den Kohlehydraten und den Eiweißstoffen, während die Fette verhältnismäßig schwer von Mikroorganismen angegriffen werden; auch enthalten nur die beiden ersten Hauptgruppen der Nahrungsstoffe in ihrem Molekül asymmetrische Kohlenstoffatome, welche ihnen und ihren Abbauprodukten die optische Aktivität verleihen. An diese existieren besonders interessante Anpassungszustände, während die Fette keine sterische Asymmetrie aufweisen.

Die vornehmlichsten Gerüstsubstanzen des Pflanzenreiches gehören zu der Klasse der *Polysaccharide*. Es ist von vornherein klar, daß gerade diese die Festigkeit der Pflanzen verbürgenden Stoffe vom pflanzlichen Stoffwechsel un-

angegriffen bleiben müssen. Sie gelangen deshalb in den Erdboden, wo sie den Mikroorganismen zum Opfer fallen. Aber nur ganz wenige und ausgewählte Arten sind dazu befähigt, z. B. die *Zellulose* zu zersetzen; wir kennen bisher nur eine Mikroorganismenart, die imstande wäre, das *Chitin*, das in den Panzern der Krustaceen und den Zellwänden zahlreicher Pilze vorhandene stickstoffhaltige Polysaccharid in Lösung überzuführen. Auch das *Agar-Agar*, welches als Reservkohlenhydrat in den Meeresalgen eine außerordentliche Verbreitung besitzt, kann nach unserer bisherigen Kenntnis nur von *einer* Bakterienart zerlegt werden. Diese Beispiele ließen sich häufen, während im Gegensatze dazu die Hauptreservstoffe der Landpflanzen, wie die Stärke, das Inulin und andere, schon einer großen Zahl von Mikroorganismen zur Nahrung dienen können; noch weit ausgedehnter ist die Verwendungsmöglichkeit der *Abbauprodukte dieser Polysaccharide*, nämlich der Zucker, welche als das vornehmste Kohlenstoffenergiematerial des Mikroorganismenstoffwechsels angesprochen werden können.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den *Eiweißstoffen*. Die meisten Eiweißstoffe können den in der Natur frei lebenden Saprophyten zur Nahrung dienen. Die Pathogenen jedoch, die im Körper der Tiere und Pflanzen schmarotzen, zeigen schon ganz ausgesprochene Anpassungserscheinungen, welche besonders für die medizinische Diagnostik wichtig und von ihr erforscht sind. So gibt es verschiedene Arten, welche, nach unseren bisherigen Erfahrungen, überhaupt nur im Körper der lebendigen Tiere fortzukommen imstande sind, einzelne können nur noch dann ihr Dasein fristen, wenn sie, zwar getrennt vom lebenden Gewebe, aber doch wenigstens in direkter Berührung mit seinen Säften, in Kollodiumsäckchen eingeschlossen, in die Bauchhöhle der Tiere versenkt werden; es gibt wieder andere, die auf dem Eiweiß *einer* Tierart und nicht auf dem einer *anderen* zu gedeihen imstande sind, und was derartige Anpassungszustände mehr sind.

Die *Abbauprodukte des Eiweiß*, die Peptone, die Peptide und die Aminosäuren, jedoch spielen hier etwa die Rolle wie die Zucker in der Kohlenhydratreihe, sie stellen für die Mikroorganismen das Stickstoffnährmaterial par excellence dar, sofern einzelne ihrer Vertreter nicht durch eine ganz spezifische Anpassung, auf die wir noch zu sprechen kommen, ausgeschlossen sind. Die niedrigste stickstoffhaltige Abbaustufe des Eiweiß, das Ammoniak, kann noch einer größeren Anzahl

von Mikroorganismen als Stickstoffquelle dienen; aber in der Natur finden sich nur wenige Arten, welche das Ammoniak zur salpetrigen Säure, und nur eine Art, welche diese weiter zur Salpetersäure zu oxydieren imstande ist. Mehrere, wenn auch eine beschränkte Anzahl von Spezies machen aus der Salpetersäure den Stickstoff durch Denitrifikation frei, und wiederum eine beschränkte Zahl ist dazu befähigt, den reinen Stickstoff der Atmosphäre zu binden und als Eiweißstickstoff festzulegen.

Bei einem derartigen Abbau der Polysaccharide und der Eiweißstoffe werden aber auch andere gasförmige Abbauprodukte frei; so bei der Gärung der Zellulose und der Zucker der Wasserstoff und das Methan, die von einigen Bakterienarten wieder verbrannt werden können, so beim Abbau des Eiweiß und ebenso bei der Reduktion der Sulfate der Schwefelwasserstoff, den die Schwefelbakterien zuerst zu Schwefel und weiter zu Schwefelsäure zu oxydieren imstande sind. Die letzten Endprodukte der Verbrennung, das Wasser und die Kohlensäure, spielen ebenfalls im Stoffwechsel der Mikroorganismen eine Rolle; das Wasser selbst ist für das Leben aller Mikroorganismen eine unerläßliche Vorbedingung, die Kohlensäure kann von einigen, welche die Fähigkeit zur Chemosynthese besitzen, wie auch von solchen, die Chlorophyll in ihren Zellen führen, als Kohlenstoffmaterial verwandt werden, ja selbst das so giftige Kohlenoxyd wird von spezifisch angepaßten Bakterien verarbeitet, und schließlich soll auch der reine Kohlenstoff in Gestalt von Kohle vor ihrem Angriff nicht sicher sein. Alle diese Beispiele haben dazu gedient, die vorher aufgestellte These zu belegen, daß es unter den Mikroorganismen besondere Arten gibt, welche gerade auf die hochmolekularen Körper und die niedrigstmolekularen Abbauprodukte spezifisch eingestellt sind. Aber abgesehen von dieser Anpassung gibt es noch eine spezielle, nämlich an den chemischen Aufbau der Mikroorganismennahrung, sowohl in bezug auf die strukturelle wie auch bezüglich der räumlichen Anordnung der Atome in den Molekülen der chemischen Nährsubstrate. Bekanntlich hat Pasteur dies als erster benutzt, um die Spaltung eines Racemkörpers zu erreichen; durch Wachstum von Schimmelpilzen auf der racemischen Weinsäure, der Traubensäure, gewann er so die Linkswinsäure. Wir wollen diese besonderen Anpassungserscheinungen zuerst in der Kohlenhydrat- und dann in der Eiweißreihe gesondert erläutern.

Spezifische Anpassung an Kohlenhydrate.

Im vorstehenden haben wir schon einiges über die Anpassung besonderer Mikroorganismen an die Polysaccharide erwähnt. Aus der Reihe der weniger hochmolekularen Kohlenhydrate sind uns eine Zahl von einheitlichen und kristallisierten Substanzen bekannt, welche sich, wie die Di- und die Trisaccharide, aus mehreren Mono-

saccharidresten zusammensetzen. Die Spaltung der Di- und Trisaccharide in die einfachen Zucker erfolgt durch spezifische Fermente, die sich ebenfalls in Mikroorganismen, besonders in den verschiedenen Hefearten, vorfinden. Diejenigen Disaccharide, welche noch eine freie Aldehydgruppe besitzen, und die dementsprechend Fehlingsche Lösung reduzieren, teilen wir in zwei Klassen ein, die wir als α - und β -Glukoside bezeichnen. Die charakteristische Eigenschaft der α -Glukoside ist ihre Spaltbarkeit durch die Maltase, welche sich in dem wässerigen Auszug der gewöhnlichen Hefe befindet. Durch dieses Ferment wird also z. B. die Maltose, das Endprodukt des fermentativen Abbaues der Stärke durch die Diastase gespalten, während andererseits der Milchzucker von der Maltase nicht hydrolysiert wird. Es gibt jedoch auch gewisse milchzuckervergärende Hefen, z. B. eine Hefe, die sich in den Kefirkörnern findet. Diesen kommt demnach die Fähigkeit zu, das β -Glukosid, den Milchzucker, zu hydrolysieren; denn die Voraussetzung für die Vergärung eines Kohlenhydrates ist, daß es zuerst in die Monosaccharide gespalten wird, da nur diese und niemals ungespaltene höhermolekulare Kohlenhydrate durch Hefe direkt vergärbar sind. Auch für die Spaltung von Disacchariden ohne freie Aldehydgruppe, wie z. B. die des Rohrzuckers, sind besondere Fermente vorhanden: so wird der Rohrzucker bekanntlich durch die Invertase hydrolysiert, die ebenfalls in dem wässerigen Auszug gewöhnlicher Hefe vorhanden ist. Auch das Trisaccharid, die Raffinose, unterliegt der fermentativen Spaltung, und zwar nach verschiedenen Richtungen: einmal kann sie, z. B. durch die Fermente der Untergärhefe, in die drei Monosaccharide, aus denen sie sich zusammensetzt, die Glukose, die Fruktose und die Galaktose gespalten und direkt vergoren werden, andererseits aber wird durch die Obergärhefe aus dem Molekül der Raffinose nur die Glukose abgespalten und in Gärung versetzt, während die Fruktose und die Galaktose in ihrer ursprünglich vorhandenen Bindung als Melibiose zurückgelassen werden. Auf diesem Wege stellt man sich die Melibiose her.

Schon aus diesen Bemerkungen geht hervor, daß die Hefen ganz besonders spezifische Fermente besitzen. Wir werden diese Tatsache noch durch verschiedene Beispiele belegen, nicht nur, was das Verhalten der Hefe gegenüber den Kohlenhydraten, sondern auch was die Wirkung ihrer Fermente auf die Eiweißabbauprodukte angeht. Zuerst sei auf folgenden Punkt hingewiesen: Die Zucker, welche alle mehrere asymmetrische Kohlenstoffatome enthalten, kommen in der Natur in optisch aktiver Form vor. Man pflegt diejenigen Komponenten, die sich in Naturprodukten finden, als die natürlichen Komponenten zu bezeichnen. In der Zuckerreihe ist in der großen Mehrzahl der Fälle nur eine Komponente in der

Natur aufgefunden worden. Diese allein ist es, welche von der Hefe vergoren werden kann, ihr Antipode ist absolut unvergärbar. So wird z. B. der gewöhnliche Traubenzucker, die d-Glukose, von der Hefe leicht vergoren, während die auf *synthetischem* Wege bereitete l-Glukose unvergärbar ist.

Neben den weitverbreiteten Hexosen, d. h. den Monosacchariden mit 6 Kohlenstoffatomen, finden sich in der *Natur* auch noch *Pentosen*. Die Tetrosen, die Triosen und die mehr als 6 Kohlenstoffatome besitzenden Monosaccharide, wie die Heptosen, die Octosen, die Nonosen usw., sind auf künstlichem Wege dargestellt worden. Es hat sich nun gezeigt, daß nur die Monosaccharide, welche drei oder ein Multiples von drei Kohlenstoffatomen besitzen, von der Hefe vergärbar sind. *Praktisch besonders bedeutungsvoll* ist, daß die in den verbreiteten Polysacchariden, den Pentosanen, enthaltenen *Pentosen unvergärbar* sind. Wir begegnen also hier wieder einer *besonderen Anpassung* des Gärungsfermentes, der *Zymase*, dessen Gärfähigkeit, gewiß aus besonderen, bei der Vergärung sich vollziehenden chemischen Abbaureaktionen, auf die Zucker mit drei und einem Mehrfachen von drei Kohlenstoffatomen beschränkt ist. *Emil Fischer*, der Entdecker dieser Verhältnisse, hat aus diesem Grunde auf die Fermente das berühmte Beispiel vom Schloß und Schlüssel angewendet, wobei man sich unter dem Schlüssel das Ferment einer ganz besonderen Form vorzustellen hat, das in das Substrat als das Schloß, in diesem Falle den Zucker, von einer entsprechenden Form hineinpaßt.

Aber die Fähigkeit der Hefefermente zur Vergärung ist *noch spezieller beschränkt*. Von den bisher bekannt gewordenen Hexosen werden nur drei, und zwar die Glukose, die Fruktose und die Mannose, von der Hefe mit gleicher *Schnelligkeit* vergoren; man erklärt das dadurch, daß der konfigurative Aufbau dieser drei Zucker in demjenigen Teil des Moleküls, der zum 3., 4., 5. und 6. Kohlenstoffatom gehört, der gleiche ist, und daß diese drei Zucker schon unter dem Einfluß ganz verdünnter Alkalien ineinander übergehen können. Sonst wird von der Hefe nur noch die Galaktose, wenn auch *wesentlich langsamer*, vergoren, während andere, in der *Natur* nicht aufgefundene Hexosen, wie die Gulose, die Idose u. a., *überhaupt unvergärbar* sind. Man muß sich bei derartigen Beobachtungen immer vorstellen, daß die Spezifität der Fermente eine im Laufe der Jahrtausende von den Mikroorganismen erworbene Eigenschaft ist, die dementsprechend ganz naturgemäß eine besondere Anpassung an die Naturprodukte erfahren hat.

Neben den Zuckern finden sich in der *Natur*, wenn auch in geringerer Menge, die Zuckeralkohole, der Mannit, der Sorbit, der Dulzit u. a., welche zu den Zuckern *oxydierbar* sind. In einem besonderen Falle kann diese Oxydation durch ein

Bakterium hervorgerufen werden, nämlich bei der Bildung der Sorbose aus dem Sorbit durch das sich zugleich mit dem Sorbit im Vogelbeersaft findende *Bacterium xylinum*(¹). Diese Mikroorganismenart oxydiert den Zuckeralkohol am zweiten Kohlenstoffatom und bildet auf diese Weise den Ketozucker, die Sorbose. Die Fähigkeit zur Oxydation bei diesen Bakterien ist jedoch *ganz spezifisch beschränkt*. Es kann z. B. den Mannit und den Dulzit nicht oxydieren, es greift nur Zuckeralkohole an, in deren räumlichem Aufbau unter dem Hydroxyl des zweiten Kohlenstoffatoms am dritten kein Wasserstoffatom, sondern ein Hydroxyl gelagert ist. Ferner besitzt es übrigens die Fähigkeit, das Glycerin zu oxydieren; hierbei wird die Veränderung am mittelständigen Kohlenstoffatom vorgenommen, wobei das Glycerin in Dioxyaceton übergeführt wird. Dies ist die beste Methode zur Herstellung der Triose, des Dioxyacetons, welche das niedrigste Glied der Ketosenreihe darstellt.

Spezifische Anpassung an Eiweißstoffe.

Die spezielle Anpassung einiger Mikroorganismen, besonders pathogener Bakterien, an hochmolekulare Eiweißstoffe haben wir schon erwähnt. Die Albumosen und Peptone sind ganz vorzügliche Stickstoffquellen für niedere Organismen; ebenso können ihnen die meisten *synthetischen* Polypeptide als Stickstoffquellen dienen. Hierbei werden die Polypeptide in die Aminosäuren, aus denen sie sich zusammensetzen, aufgespalten. So befindet sich z. B. auch die Hefe im Besitze eines verschiedenen Polypeptide spaltenden Fermentes. Im allgemeinen hat man die Beobachtung gemacht, daß aus racemischen Polypeptiden nur die in der *Natur* vorkommenden Komponenten der Aminosäuren abgespalten werden, und daß dementsprechend die, die Antipoden dieser natürlichen Komponente enthaltenden, Polypeptide unangegriffen bleiben. Unter der großen Zahl der den höheren Tieren und Pflanzen angehörenden Fermente hat man von dieser Regel keine Ausnahme gefunden. In ganz der gleichen Weise wirken auch die Fermente der meisten Schimmelpilze; jedoch sind hier einige Ausnahmen aufgefunden worden(²): die Preßsäfte aus den Mycelien von *allescheria Gayonii*, *Rhizopus tonkinensis* und *Aspergillus Wentii* sind imstande, racemische Polypeptide, wie z. B. d-Leucyl-Glycin, nicht nur vollkommen, sondern auch ein sogenanntes falsches Polypeptid, das l-Leucyl-d-Leucin, zu spalten. Aus dieser Beobachtung kann der Schluß gezogen werden, daß die spezifische Einstellung auf die asymmetrische Spaltung der Polypeptide eine im Leben der Organismen erst nach und nach erworbene ist; mit der Verlegung der Fermente in die einzelnen Organe der höheren Tiere und Pflanzen ist sie zu einer ausnahmslosen geworden.

Nach allen bisherigen Beobachtungen kommen die Aminosäuren in der *Natur* in einer, und zwar

immer derselben, optischen Komponente vor. So hat sich z. B. die Auffindung des Rechtsasparagins, des Antipoden des gewöhnlichen Asparagins, in Wickenkeimlingen als ein Irrtum erwiesen⁽³⁾. Im allgemeinen bevorzugen die niederen Organismen die in der Natur vorkommende Komponente als Stickstoffquelle; ganz besonders ausgezeichnet in dieser Beziehung ist wieder die Hefe, von der man geradezu von einem Vergärer der Aminosäuren gesprochen hat⁽⁴⁾: man hat diese Eigenschaft der Hefe direkt zur Spaltung der racemischen Aminosäuren benutzt und so die Antipoden der natürlichen Komponenten gewonnen. Aber auch diese werden, wenn die Hefe Stickstoffhunger leidet, allmählich angegriffen. Weniger scharf eingestellt sind die Schimmelpilze; verschiedene unter ihnen zeigen in dieser Beziehung überhaupt keine spezifische Anpassung, während andere die natürliche Komponente zuerst angreifen. Dies konnte am racemischen Leucin und an der racemischen Glutaminsäure nachgewiesen werden; niemals wurde hierbei die Beobachtung gemacht, daß die nicht-natürliche Komponente bevorzugt wurde⁽⁵⁾.

Bekanntlich bedarf die Hefe, um ihre Körpersubstanz aufzubauen, einer Stickstoffquelle, die ihr unter natürlichen Verhältnissen, wie auch im Gärungsgewerbe, immer in Gestalt von Eiweißabbauprodukten zur Verfügung gestellt wird. Diese Eiweißabbauprodukte enthalten alle in ihrem Moleküle die Reste der Aminosäuren. Mit derartigen Stickstoffquellen gedeiht die Hefe am besten; jedoch ist es auch möglich, die Hefe mit anderen Stickstoffquellen zu ernähren und zum Wachstum zu bringen. Merkwürdig ist jedoch der Befund, daß die Hefe nur dann gärfähig ist, wenn sie auf Stickstoffquellen herangezogen wurde, welche die Aminosäurerestgruppen in ihrem Molekül enthalten. Anders herangezogene Hefe, z. B. solche, die mit Naphtionsäure oder Metanilsäure oder anderen zum Wachstum gebracht wurde, war überhaupt nicht imstande, Zucker zu vergären. Wir können also hier von einer nicht gärfähigen Hefe sprechen⁽⁶⁾. In ganz der gleichen Weise wurde das Gärungsferment von alkoholbildenden Schimmelpilzen durch die chemische Konstitution der Stickstoffnahrung beeinflusst⁽⁷⁾. Auch aus diesem Befunde geht deutlich hervor, daß die Anpassung an die natürlichen Verhältnisse, die der Hefe in den vielen Generationen geboten wurde, sie erst nach und nach dazu gebracht hat, ihr Gärungsferment auszubilden.

Bekanntlich gibt es unter den Mikroorganismen zahlreiche Arten, welche sich im Besitze von Bewegungsorganen befinden. Sie bedienen sich dieser Geißeln, um chemischen Anlockungen zu folgen oder chemischen Abstoßungen auszuweichen; man spricht in solchen Fällen von positiver oder negativer Chemotaxis. Als chemische Reizstoffe können in dieser Beziehung auch die Aminosäuren wirksam sein; auch hier spielt die

Anpassung an eine bestimmte Konstitution eine gewisse Rolle. Die Mikroorganismen verhalten sich ganz ähnlich wie bewegliche Befruchtungszellen; an solchen hat z. B. Fritz Müller⁽⁸⁾ nachgewiesen, daß den Saprolegniaschwärmern gegenüber die Aminoisobuttersäure und die Aminoisovaleriansäure bedeutend weniger anlockend wirken als die entsprechenden normalen Aminosäuren. Im besonderen trifft nun die spezifische Reizeinstellung auch für die optischen Antipoden zu. Nach den bisherigen, allerdings nur am Alanin, Phenylalanin und Leucin mit einigen beweglichen Bakterienarten gesammelten Erfahrungen scheint die Überlegenheit der natürlichen Komponente über ihren Antipoden eine derartige zu sein, daß man letzterem die Reizwirkung überhaupt abzusprechen berechtigt erscheint⁽⁹⁾. Es liegt durchaus im Bereiche der Möglichkeit, daß es sich hier um eine allgemeine Gesetzmäßigkeit handelt; eine Erscheinung, die gewiß noch weiterer Prüfung lohnt. Immerhin ist zu bedenken, daß die von verschiedenen Aminosäure-Komponenten ausgehenden Reize, z. B. was die Unterschiede im Geschmack betrifft, nicht immer voneinander abzuweichen brauchen: so schmecken z. B. das l- und d-Alanin ganz gleich, während d-Leucin ausgesprochen süß, l-Leucin jedoch fade und schwach bitter, d-Phenylalanin stark süß und l-Phenylalanin leicht bitter schmeckt.

Literatur.

- ¹⁾ Gabriel Bertrand, Annal. de Chem. et de Phys. (8) 3 (1904), 181.
- ²⁾ E. Abderhalden und H. Pringsheim, Zeitschrift für physiologische Chemie 59 (1909), 249 und 65 (1910), 180.
- ³⁾ H. Pringsheim, Zeitschrift für physiol. Chemie 65 (1910), 89.
- ⁴⁾ Felix Ehrlich, Biochem. Zeitschrift 1 (1906), 7.
- ⁵⁾ H. Pringsheim, Zeitschrift für physiol. Chemie 65 (1910), 96.
- ⁶⁾ H. Pringsheim, Berichte der Deutsch. Chem. Gesellschaft. 39 (1906), 4048; Biochem. Zeitschr. 3 (1907), 121.
- ⁷⁾ H. Pringsheim, Biochem. Zeitschrift 8 (1908), 119.
- ⁸⁾ Fritz Müller, Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik 49 (1911), Diss. Leipzig.
- ⁹⁾ H. und E. G. Pringsheim, Zeitschrift für physiologische Chemie 97 (1916), 175.

Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der Wirbeltiere.

1. Die Linsenbildung aus der Haut.

Von Dr. Horst Wachs, Rostock.

Das fertig gebildete Auge der Wirbeltiere besteht aus drei Hauptteilen, dem Augenbecher, der Linse und der Hornhaut. Den Hintergrund des Augenbechers bildet die Netzhaut mit ihren verschiedenen Schichten, deren äußerste die lichtempfindlichen Elemente, die Stäbchen und Zapfen der Sehzellen trägt. Diese Stäbchen und Zapfen werden nach außen zu überkleidet durch ein dünnes Pigmentepithel, das in sich schwarzes

Pigment gebildet hat und mit zahllosen kleinen pigmentierten Zipfelchen zwischen die Stäbchen und Zapfen hineingreift, sie so gegeneinander isolierend; wegen seiner Funktion und Ausbildung hat es den Namen „Tapetum nigrum“ erhalten. Nach vorn zu schließt dieses Tapetum nigrum den Hohlraum des Augenbeckers ab, wie die Blendvorrichtung eines photographischen Apparates; dieser Teil ist als Iris bekannt; innerhalb der Iris bleibt eine kreisrunde Öffnung bestehen, die allein den Eintritt des Lichtes ins Auge gestattet: die Pupille.



Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. Stadium der primären Augenblasen.

Fig. 2. Beginn der Linsenwucherung; die Augenblasen wandeln sich zum Augenbecher um.

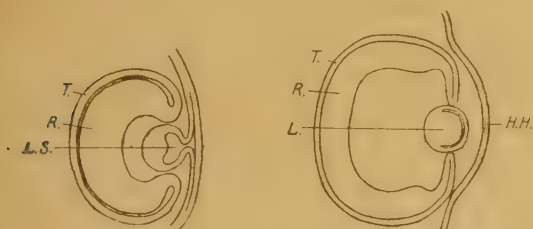


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 3. Das Linsensäckchen schnürt sich von der Haut ab.

Fig. 4. Fertiges, jugendliches Auge; die hintere Wand des Linsensäckchens bildet die Fasermasse der Linse.

H. = Hirn; Pr. Aug. = Primäre Augenblase; M. H. = Mundhöhle; T. = Tapetum; L. Anl. = Linsen-Anlage; R. = Retina; L. S. = Linsen-Säckchen; L. = Linse; H. H. = Hornhaut.

(Originale nach eigenen Präparaten.)

Der Rand der Pupillaröffnung kommt dadurch zustande, daß hier das äußere Pigmentblatt des Augenbeckers, das Tapetum, sich nach innen zu umschlägt und so in kontinuierlichem Zusammenhange mit dem inneren Blatte steht, eben jenem, das an der ganzen Hinterwand des Augenbeckers die Netzhaut darstellt.

Als wesentlichster optischer Apparat des Auges liegt in der Pupille die Linse; über das ganze Auge wölbt sich, als Schutz gegen äußere Insulte, eine derbe und doch vollkommen durchsichtige Haut, die Hornhaut. Augenbecher, Linse und Hornhaut bilden beim erwachsenen Tier ein

funktionell einheitliches Organ; Verletzung oder Verlust eines dieser Teile beeinträchtigt oder zerstört die Funktion des ganzen Organes. Zu dieser Einheitlichkeit der Funktion des fertigen Auges steht die Bildungsweise seiner einzelnen Teile in merkwürdigem Gegensatz; sie nehmen von verschiedenen Mutterböden her ihre Entstehung und treten erst sekundär zueinander in Beziehung.

Die Augenbecher entstehen als zunächst bläschenförmige Ausstülpungen des primären Vorderhirns, als primäre Augenblasen bezeichnet. In diesem Stadium reichen sie bis unmittelbar an die Epidermis, die Haut des Kopfes, heran. An der Berührungsstelle mit der Haut findet jetzt in dieser besonders lebhaft Zellteilung und damit Zellvermehrung und Wachstum statt, dergestalt, daß an eben dieser Stelle zunächst eine Verdickung der Haut entsteht. Durch weiteres Wachstum hebt sich diese Verdickung, die speziell bei den Amphibien nur von der inneren Zellenlage der Haut geliefert wird, immer mehr von den angrenzenden Partien der Haut ab und ragt als kleines Bläschen nach innen in die Augenblase hinein. Dieses Bläschen oder Säckchen ist nichts anderes als die erste Anlage der Linse.

Im weiteren Verlaufe der Entwicklung stülpt sich der Teil der primären Augenblase, der diesem Linsenbläschen anliegt, in den Hohlraum der Blase ein; indem diese Partie sich der schon vorhandenen Wandung der Blase dicht anlegt, wird das ganze Gebilde doppelwandig: die primäre Augenblase wird zum sekundären Augenbecher. Die äußere Wand ist nichts anderes als das spätere Tapetum, die innere Wand liefert die spätere Retina. Die Umschlagsstelle der äußeren in die innere Wandung entspricht dem Rande der Iris.

Das von der Haut aus sich bildende Bläschen gelangt gleichsam als vorderer Verschuß dieses „Bechers“ in die Öffnung innerhalb der Iris, die Pupille. Der Mutterboden der Linse, die das Auge überdeckende Haut, hellt sich auf und wird zur Hornhaut.

Die Beobachtung und Darstellung dieser zeitlich aufeinander folgenden resp. miteinander ablaufenden Gestaltungsvorgänge sagt nichts aus über die ursächlichen Beziehungen, die vielleicht zwischen den einzelnen Vorgängen bestehen möchten. Der Theorie ist ein breiter Spielraum gegeben bei dem Versuch, diese Vorgänge kausal miteinander zu verknüpfen. So lesen wir in dem bekanntesten Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte in der Auflage von 1906 den Satz: „Bei seiner Abschnürung treibt natürlich das Linsensäckchen die ihm dicht anliegende, laterale Wand der Augenblase vor sich her und stülpt sie gegen die mediale Wand zu ein.“

Diese Darstellung entsprach damals durchaus der herrschenden Ansicht, daß die Einstülpung der Augenblase zum Augenbecher eben durch das

wachsende Linsenbläschen ursächlich bedingt sei. Eine andere Auffassung war die, daß die Augenblase die Stelle der Haut, mit der sie in Berührung kam, ihrerseits zu vermehrter Zellteilung und in deren Folge zu Linsenbildung anrege, und zwar eben dadurch, daß sie diese Hautstelle berühre; diese Auffassung fände ihre kurze Fassung in dem Satze: „Die Bildung der Augenlinse ist eine Thigmomorphose, d. h. verursacht durch Berührung der Augenblase mit der Haut.“

Nach der ersteren Auffassung lägen die treibenden und differenzierenden Kräfte in der Haut resp. der wachsenden Linse, nach der zweiten Auffassung umgekehrt in der Augenblase.

Nun kann aber, wie oben gesagt, durch Beobachtung und Beschreibung des normalen Geschehens keine der beiden Auffassungen weder gestützt noch widerlegt werden. Hierzu bedarf es der Beobachtung anormalen, atypischen Geschehens, sei es in solchen Fällen, die die Natur selbst in Gestalt von Mißbildungen liefert, sei es an Tieren, denen der Untersucher absichtlich, künstlich Defekte beigebracht hat, d. h. durch Anstellung des Experimentes.

Es ist nun in der Tat gelungen, durch diese beiden Methoden der Naturforschung die kausalen Beziehungen in der Entwicklung der einzelnen Teile des Auges klarzustellen. Freilich bedurfte es jahrzehntelanger Bemühungen, um einwandfreie und sicher fundierte Erkenntnisse zu gewinnen.

Wenn die Zellen der Haut, die die Linse liefern, aus eigenem Antriebe die zur Bildung einer Linse nötigen Wachstums- und Differenzierungsvorgänge durchzuführen imstande sind, so wird sich beim jungen Tiere eine Linse auch dann bilden, wenn die Augenblase gar nicht vorhanden ist, fehlt. Diese Überlegung etwa war es, die *Spemann* veranlaßte, bei ganz jungen Entwicklungsstadien des braunen Frosches (*Rana fusca*) die allererste Anlage der Augenblase zu zerstören, und zwar auf einem Stadium, wo diese Anlage noch gar nicht jene Bläschenform besitzt, sondern ebenso wie auch die übrigen Teile des Zentralnervensystems noch flach ausgebreitet ist und die sogenannte Medullarplatte resp. einen Teil dieser Platte darstellt. *Spemann* ging in der Weise vor, daß er mit einer heißen Nadel diese Anlage zerstörte. In den Fällen, wo diese Zerstörung die ganze Anlage der Augenblase betraf, unterblieb jegliche Bildung einer Linse von der Haut aus an der operierten Seite des Tieres. War nur ein Teil zerstört worden und hatte sich aus dem Rest eine kleinere Augenblase und danach Augenbecher geformt, so besaß dies kleinere Auge auch nur eine kleinere Linse, die somit seiner eigenen Größe proportional war. Aus diesen Versuchen konnte mit Recht der Schluß gezogen werden, daß die Bildung der Linse bei den Wirbeltieren ursächlich durch die Einwirkung der Augenblase

auf die Haut bedingt sei. Welcher Art dieser Einfluß war, blieb unbestimmt.

Da teilte *Mencl* im Jahre 1903 eine Beobachtung an einem pathologischen Embryo von *Salmo salar* mit. Das Tier zeigte eine Verdoppelung des Vorderendes mit starkem Defekt des einen Kopfes. Diesem letzteren fehlten beide Augen. Trotzdem war jederseits eine Linse vorhanden, in Epithel und Fasern differenziert. *Mencl* schloß daraus, daß die Linsenbildungszellen in ihrer Differenzierung der Mitwirkung des Augenbeckers nicht bedürfen.

Diese Beurteilung dieses an einem pathologischen Objekt gewonnenen Befundes, die in direktem Gegensatz zu den von *Spemann* aus seinem Experiment gezogenen Schlüssen stand, gab Veranlassung zu weiterer Diskussion und weiteren Untersuchungen.

Spemann dehnte seine Untersuchungen auch auf andere Objekte aus und verwandte noch eine andere Methode, um die erste Anlage der Augenblase, die wir kurz als „Augenanlage“ bezeichnen

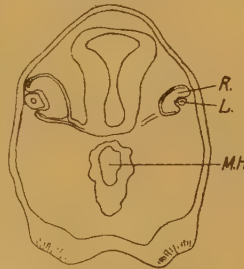


Fig. 5.

Fig. 5. *Rana fusca*, junge Larve, der aus der Medullarplatte der größte Teil der Augen-Anlage entfernt wurde. Es bildete sich ein kleineres Auge mit proportional kleinerer Linse.

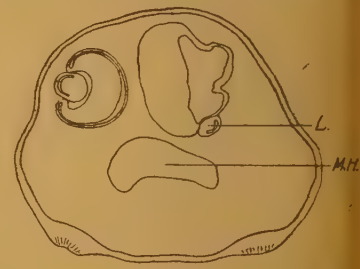


Fig. 6.

Fig. 6. *Rana escul.*, junge Larve, der aus der Medullarplatte die ganze Augenanlage entfernt wurde. Rechtes Auge und rechtes Hirn fehlten ganz, trotzdem hat sich eine Linse gebildet und liegt dem Hirn dicht an.

R. = Retina; L. = Linse; M. H. = Mundhöhle.
(Originale nach eigenen Präparaten.)

wollen, aus der Medullarplatte zu entfernen. Diese Versuche wurden in den Jahren 1904 bis 1908 angestellt, ihre ausführliche Mitteilung erfolgte 1912, zu einer Zeit, wo durch Mitteilung zahlreicher weiterer Beobachtungen und Versuche, vor allem auch amerikanischer Forscher, die Möglichkeit einer klareren Beurteilung und übersichtlichen Darstellung dieser ganzen Verhältnisse geschaffen worden war.

Die neue Methode *Spemanns* bestand darin, daß er die Augenanlage in der Medullarplatte nicht mit einer heißen Nadel zerstörte, sondern sie mit Hilfe feinsten spitzer Glasnadeln herauschnitt. Als Untersuchungsobjekt diente neben anderen auch der grüne Wasserfrosch (*Rana esculenta*). Es zeigte sich, daß nach dieser Operation bei *Rana esculenta* in zahlreichen Fällen, wo auf der operierten Seite jede Spur eines Auges fehlte, trotzdem eine Linse entstanden war, die, je nach

dem Alter des Versuchstieres zur Zeit der Abtötung, sich in verschiedenem Stadium der Entwicklung befand.

Durch diesen positiven Befund war sicher gestellt, daß zum mindesten bei *Rana esculenta* die Hautzellen der betreffenden Stelle aus sich selbst zur Linsenbildung fähig sind, oder, mit anderen Worten, daß die Linsenbildungszellen bei *Rana esculenta* nicht eines Einflusses des Augenbeckers bedürfen. Auch nach Entfernung beider Augenanlagen entwickelten sich, ohne Augenblasen, Linsen, so daß auch ein eventueller indirekter Einfluß des Augenbeckers der anderen Seite, der ja bei dem vorigen Experiment noch erhalten war, nicht in Betracht kommen konnte.

Immerhin hätte der Unterschied zwischen diesen an *Rana esculenta* und jenen an *Rana fusca* gewonnenen Ergebnissen noch durch die Verschiedenheit der Methode veranlaßt sein können. Daher nahm *Spemann* auch an *Rana escul.* die Vernichtung der Augenblase mit der heißen Nadel vor mit dem Erfolge, daß auch hierbei die Linse ohne Augenbecher entstehen konnte. Dadurch war der Einwand, der sonst hätte erhoben werden können, daß nämlich das Fehlen der Linse bei den Versuchen an *Rana fusca* nicht auf einem anderen Verhalten dieser Spezies, sondern vielmehr auf einer Schädigung der Linsenanlage durch die Operation des Ausbrennens beruhe, antkräftet.

Um aber ganz exakt vorzugehen, wurde nun auch an *Rana fusca* die Exzision mit der Glasnadel vorgenommen. Diese Operation wird an diesem Objekt durch die eigenartig weiche und klebrige Beschaffenheit des jungen Keimes außerordentlich erschwert. *Spemann* gewann damals nur vier gut gelungene Fälle. Ich selbst führte diese Untersuchungen fort, und es zeigte sich, daß bei *Rana fusca* auch bei dieser Operationsmethode keine Linse nach vollkommener Beseitigung der Augenanlage gebildet wurde. Blieb ein Restchen der Augenanlage erhalten, so besaß dann dieses kleinere Auge auch wieder eine entsprechende kleinere Linse, während bei *Rana esculenta* im gleichen Falle die entstandene Linse für das kleinere Auge unverhältnismäßig und bedeutend zu groß war.

Analoge Versuche an *Bombinator pachypus* ergaben, daß nach totaler Entfernung der Augenanlage geringe Andeutungen von Linsenbildung auftraten, daß diese Linsenbildungszellen es aber nur unter Mitwirkung des Augenbeckers zu einer wirklichen Linse bringen können.

Sonach war festgestellt, daß sich verschiedene Wirbeltiere verschieden verhalten in bezug auf die Fähigkeit unabhängiger bzw. abhängiger Linsenbildung. Weder die erste noch die zweite der oben dargelegten Auffassungen besaß generelle Gültigkeit für „die Wirbeltiere“, nicht einmal für „die Amphibien“; ja sogar Angehörige derselben Gattung, *Rana fusca* und *Rana esculenta*, verhielten sich verschieden.

Gerade diese letztere Tatsache wies nun aber

darauf hin, daß diese Verschiedenheit keine prinzipielle, sondern nur eine graduelle sein möchte.

Damals hatte *Stockard* an *Fundulus heteroclitus* durch Einwirkung magnesiumhaltigen Seewassers zyklische Defekte und gleichzeitig Linsenbildung ohne Augenblasen aus den primären Linsenbildungszellen erhalten.

Die Zusammenstellung dieser Ergebnisse zeigt, daß die Embryonen verschiedener Wirbeltiere in sehr verschiedenem Maße die Fähigkeit besitzen, ohne einen auslösenden oder fördernden Einfluß des Augenbeckers eine Linse zu bilden. Eine vollkommen differenzierte Linse kann sicher entstehen bei *Salmo*, bei *Fundulus*, bei *Rana esculenta*; Andeutungen sind gefunden bei *Bombinator pachypus*; jede Spur fehlt bei *Rana fusca*. Unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt betrachtet kann man sagen, daß die Unterschiede dieser Reihe nicht prinzipielle, sondern, wie oben gesagt, nur graduelle sein werden; das würde aber heißen, daß all diese Formen prädestinierte Linsenbildungszellen besitzen, die aber zu ihrer Entwicklung in sehr verschiedenem Maße der Mitwirkung des Augenbeckers bedürfen.

Hierzu kamen neue Resultate durch Versuche, die an späteren Entwicklungsstadien angestellt wurden. Wenn die Augenblasen gebildet sind und die Haut eben berührt haben, ist es unter gewissen Vorsichtsmaßregeln möglich, die primäre Augenblase durch Ablösen und Zurückschlagen eines Hautlappens freizulegen, die Augenblase nahe am Hirn abzuschneiden und den wieder übergeklappten Hautlappen zur Verheilung zu bringen. Dieses Experiment, das *Spemann* an *Rana esculenta* und *Bombinator*, *Lewis* an *Rana palustris* und *sylvatica* und *Le Cron* an *Amblystoma punctatum* ausführte, zeigte, daß bei *Rana esculenta*, wie nach obigem zu erwarten, ein Linsenbläschen entstand, während bei *Bombinator*, *Rana palustris* und *sylvatica* und bei *Amblystoma* die primären Linsenbildungszellen auch in diesem späteren Stadium nicht oder nur höchst unvollkommen zu selbständiger Weiterentwicklung befähigt sind.

Das heißt aber mit anderen Worten, daß für diese letzteren, ebenso wie für *Rana fusca*, eine Mitwirkung des Augenbeckers notwendig ist, daß bei der Bildung der Linse eine Einwirkung vom Augenbecher aus stattfindet! Da dies der Fall ist, bleibt zu untersuchen, welcher Art diese Einwirkung sei und ob diese Einwirkung des Augenbeckers auch andere als die typischen Linsenbildungszellen, z. B. Zellen der Kopfhaut oder gar der Rumpfhaut, zu Linsenbildung zu veranlassen fähig ist.

Diese Untersuchungen wurden zuerst (1904) von *Lewis* in Angriff genommen und in mehreren Arbeiten (1907) ausführlich behandelt. Das Experiment bestand darin, daß er die bei dem oben beschriebenen Experiment entfernte Augenblase unter die abgehobene Haut des Tieres mehr oder weniger weit nach hinten schob. Dabei kam die Augenblase mit Epidermiszellen in Berührung,

die mit den typischen Linsenbildungszellen des Kopfes nichts zu schaffen hatten, die bei typischem Geschehen ganz gewiß niemals Linsenfasern gebildet haben würden. Unter dem Einfluß dieser implantierten Augenblase jedoch bildeten sie nicht nur Linsenfasern, sondern lieferten der implantierten Augenblase eine richtige Linse, dergestalt, daß am fremden Orte ein vollkommenes Auge entstand.

Spemann prüfte den Einfluß der Augenblase auf ortsfremde Haut in anderer Weise: einerseits wurde, in zwei Versuchsreihen an *Rana esculenta* und *Bombinator pachypus*, über die freigelegte primäre Augenblase Rumpfhaut übergeheilt, andererseits wurde ein größeres Stück der Kopfhaut über der primären Augenblase losgelöst und so gedreht, daß die normalen Linsenbildungszellen hinter die Augenblase zu liegen kamen, über die Augenblase aber eben jenes Stück der Haut, das normalerweise hinter ihr lag.

Dabei zeigte sich, daß aus Rumpfhaut bei keiner der beiden Arten eine Linse gebildet wurde. Dies konnte entweder darauf beruhen, daß der Augenbecher keine Linse hervorzurufen vermag, oder darauf, daß die Rumpfhaut keine Linse zu bilden imstande ist.

Bei den Versuchen der Umdrehung von Kopfhaut entstand nun aber, bei *Bombinator*, eine Linse aus ortsfremder Kopfhaut! Somit ist für *Bombinator* durch *Spemann* und für *Rana sylvatica* und *palustris* durch *Lewis* der Beweis erbracht, daß der Augenbecher spezifische Reize aussendet, auf welche auch andere als die primären Linsenbildungszellen mit Linsenbildung antworten: bei *Bombinator* freilich nur Zellen des Kopfes, bei *Rana palustris* und *sylvatica* sogar Zellen des Rumpfes!

Somit besteht, um die Ergebnisse nochmals zusammenzufassen, die Tatsache, daß bei einer Anzahl von Wirbeltieren mit Sicherheit bestimmte Zellen der Haut imstande sind, aus eigener Kraft zu einer Linse zu werden; dies ist festgestellt für *Salmo*, *Fundulus*, *Rana esculenta*. Andererseits ist für mehrere Wirbeltiere erwiesen, daß der Augenbecher die Fähigkeit hat, Epidermiszellen, welche sonst nie eine Linse bilden würden, durch eine Einwirkung irgendwelcher Art dazu zu veranlassen; dies ist der Fall bei *Rana palustris*, *Rana sylvatica* und *Bombinator*, vielleicht auch bei *Fundulus*.

Da nun aber diese beiden Modi nicht selbständig nebeneinander entstanden sein können, denn diese Annahme würde voraussetzen, daß die Tiere der ersten Gruppe unabhängig von denen der zweiten phylogenetisch entstanden wären, z. B. *Rana esculenta* und *Rana sylvatica* also keinen gemeinsamen Vorfahren jemals gehabt hätten —, da, wie gesagt, diese Annahme offensichtlich nicht den Tatsachen entsprechen würde, muß ein Übergang von der einen zur anderen Methode der Linsenbildung bestanden haben. Vielleicht auch kommen noch jetzt beide Möglich-

keiten beim gleichen Tiere vor, wie es für *Fundulus* nach *Stockard* der Fall sein soll. Sonach läge hier ein Fall sogenannter „doppelter Sicherung“ vor, wie wir sie auch bei anderen Bildungsvorgängen noch kennen; d. h. das Zustandekommen der Linse wird oder wurde (und dies sicherlich!) gewährleistet erstens durch Einflüsse des Augenbeckers und zweitens durch selbstdifferenzierungsfähige Linsenbildungszellen!

Welcher Art der Einfluß ist, durch den der Augenbecher die Bildung einer Linse veranlaßt, bleibt durch diese Experimente noch ungeklärt. Der Einfluß könnte ein mechanischer sein, indem die Augenblase, bei ihrer Einstülpung zum Becher, fest an der Epidermis haftend, aus dieser gleichsam ein Bläschen ansaugte. Denn daß die Augenblase aus inneren Kräften sich zum Augenbecher einstülpt, war aus den erwähnten Versuchen von *Lewis* hervorgegangen, bei denen er die losgetrennte Augenblase unter die Rumpfhaut gebracht hatte: die Augenblase hatte sich hier, auch dann, wenn sie die Epidermis nicht berührte und keine Linse entstand, zum Augenbecher eingestülpt. Die gleiche Erscheinung habe ich selbst in zahlreichen Fällen beobachtet, wo ich die Anlage eines Auges aus der Medallarplatte herausgeschnitten und so gedreht wieder eingepflanzt hatte, daß das Auge anstatt nach der Haut zu nach innen oder nach hinten zu schaute. Daraus geht hervor, daß jene eingangs erwähnte Auffassung, die laterale Wand der Augenblase werde durch das wachsende Linsensäckchen eingestülpt, durchaus verfehlt war.

Der Einfluß des Augenbeckers könnte aber auch nicht sowohl ein mechanischer, als vielmehr ein chemischer sein; d. h. die Epidermis könnte zur Linsenbildung angeregt werden durch sekretorische Einflüsse, die von der Augenblase bzw. dem Augenbecher ausgingen. Für diese Annahme sprechen Versuche, über die *Le Cron* 1907 berichtete. Wenn *Le Cron* den Augenbecher in verschiedenen Stadien der Entwicklung der Linse ausschaltete, so ging die Linsenentwicklung zuerst ein Stück weiter, dann aber kam sie ins Stocken. Zur Erklärung dieser Tatsache genügt in den jungen Stadien die Annahme einer rein mechanischen Wirkung, indem der eingeleitete Entwicklungsprozeß aufhörte, wenn der Linse nicht mehr durch den sich einkrümmenden Augenbecher Platz geschaffen wurde. Warum aber stockte, nach Bildung und Abschnürung des Linsenbläschens, die weitere Differenzierung, die Linsenfaserausbildung innerhalb dieses Linsenbläschen? Diese Tatsache würde verständlich eben unter der Annahme, daß mit dem Augenbecher auch ein spezifischer Reiz, ein sekretorischer Einfluß fortgefallen ist, unter dessen Leitung normalerweise die weitere Ausbildung der Linsenbildungszellen zu Linsenfasern sich vollzieht.

Wir werden sehen, daß diese Frage durch die Untersuchungen über die regenerative Bildung

der Linse in einer Weise beleuchtet wird, daß man sie wohl durch diese Untersuchungen als gelöst und im Sinne eben dieser letzteren Annahme als beantwortet betrachten kann.

Literaturverzeichnis.

- 1907 **Le Cron, W. L.**, Experiments on the origin and differentiation of the lens in Amblystoma, Amer. Journ. Anat. Vol. 6.
- 1904 **Lewis, W. H.**, Experimental studies on the development of the eye in Amphibia. 1. On the origin of the lens, *ibid.* Vol. 3.
- 1907a — Experimental studies on the development of the eye in Amphibia. 3. On the origin and differentiation of the lens, *ibid.* Vol. 6.
- 1907b — Lens formation from strange ectoderm in *Rana sylvatica*, *ibid.* Vol. 7.
- 1907c — Experiments on the origin and differentiation of the optic vesicle in Amphibia, *ibid.* Vol. 7.
- 1903a **Mencl, E.**, Ein Fall von beiderseitiger Linsenausscheidung während der Abwesenheit von Augenblasen, Arch. Entw. Mech. Bd. 16.
- 1903b — Ist die Augenlinse eine Thigmomorphose oder nicht? Anat. Anz. Bd. 24.
- 1918 — Neue Tatsachen zur Selbstdifferenzierung der Augenlinse, Arch. Entw. Mech. Bd. 25.
- 1901 **Spemann, H.**, Über Korrelationen in der Entwicklung des Auges, Verh. anat. Ges. (Bonn).
- 1903 — Über Linsenbildung bei defekter Augenblase, Anat. Anz. Bd. 23.
- 1905 — Über Linsenbildung nach experimenteller Entfernung der primären Linsenbildungszellen, Zool. Anz. Bd. 28.
- 1906a — Über eine neue Methode der embryonalen Transplantation, Verh. Deutsch. Zool. Ges.
- 1906b — Über embryonale Transplantation, Verh. Ges. Deutsch. Naturf. Ärzte, 78. Vers. (Stuttgart).
- 1907a — Neue Tatsachen zum Linsenproblem, Zool. Anz. Bd. 31.
- 1907b — Zum Problem der Korrelation in der tierischen Entwicklung, Verh. Deutsch. Zool. Ges. (Rostock).
- 1908 — Neue Versuche zur Entwicklung des Wirbeltierauges, *ibid.* (Stuttgart).
- 1907a **Stockard, Ch. R.**, The artificial production of a single median cyclopean eye in the fish embryo by means of sea water solutions of Magnesium Chlorid, Arch. Entw. Mech. Bd. 23.
- 1907b — The embryonic history of the lens in *Bdelostoma Stouti* in relation to recent experiments, Amer. Journ. Anat. Vol. 6.
- 1909 — The development of artificially produced cyclopean fish „The Magnesium Embryo“, Journ. exper. Zool. Vol. 6.
- 1910 — The independent origin and development of the crystalline lens, Amer. Anat. Vol. 10.

Das Gesetz der Proportionalität von Trägheit und Gravität.

(Bericht über die experimentelle Prüfung des Gesetzes mit Hilfe der Eötvösschen Drehwage.)

Von Obergeophysiker Dr. Desider Pekár, Budapest.

Das Gesetz der allgemeinen Gravitation, der Massenanziehung, ist von *Newton* festgestellt worden. Laut diesem wirken zwei Massen, m_1 und m_2 , die sich in einem gewissen Abstände r , befinden, aufeinander mit einer Kraft, die der Gleichung

$$P = f \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

entspricht, wo f die Gravitationskonstante bezeichnet. Im Sinne dieses Gesetzes ist die Massenanziehung unabhängig von der stofflichen Beschaffenheit und physikalischen Struktur der wirkenden Körper und hängt allein von der Größe der aufeinander wirkenden Massen ab, d. h. also, die Gravitationskonstante besitzt auch für verschiedene Stoffe denselben beständigen Wert. Mit anderen Worten ausgedrückt: Die Gravität ist der Trägheit proportional.

Obwohl dieser Satz allbekannt und gleichsam natürlich erscheint, ist es doch überraschend, daß demzufolge die Gravität ebenso wie die Trägheit eine unveränderliche, beständige Eigenschaft des Stoffes sei. Es überrascht um so mehr, da z. B. die neueren Untersuchungen über die Elektrizität unzweifelhaft dargetan haben, daß die Wirkung von in Bewegung befindlichen elektrischen Ladungen als im Sinne der Mechanik gefaßte Trägheit zum Ausdruck kommt.

Nicht weniger überraschend sind die aus dem Gesetze abgeleiteten anderen Schlußfolgerungen. Die Attraktion ist laut diesen unabhängig von den Stoffen der Umgebung. Von ähnlichen elektrischen und magnetischen Kraftwirkungen ist bekannt, daß dieselben von der Beschaffenheit des dazwischen befindlichen Mediums wesentlich beeinflusst werden. Ähnliches wurde bei den Licht- und im allgemeinen bei den Strahlungserscheinungen beobachtet, wo ein Teil der Strahlen im Zwischenmedium absorbiert wird.

Endlich überrascht es, daß die Gravitation unabhängig vom Bewegungszustand der aufeinander wirkenden Massen sei und nur von deren gegenseitigem Abstand abhängt. Dies ist nur unter der Voraussetzung möglich, daß sich die Gravität im Raume mit unendlicher Geschwindigkeit ausbreite. Dies ist ein wesentlicher Gegensatz zu den erwähnten anderen Erscheinungen, da bekanntlich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen und magnetischen Wirkungen sowie der Strahlungen endlich und meßbar ist.

Bereits *Newton* war bestrebt, auf experimentellem Wege möglichst exakt zu beweisen, daß die Massenanziehung von der stofflichen Beschaffenheit der Körper unabhängig sei. Zu diesem Zweck ließ er aus verschiedenen Stoffen möglichst gleichlange Pendel anfertigen und bestimmte deren Schwingungsdauer. Derart untersuchte er Gold, Silber, Blei, Glas, Sand, Steinsalz, Wasser, Getreide und Holz und bewies die Gültigkeit des Satzes bis zu $\frac{1}{1000}$ Genauigkeit.

Später machte *Bessel* noch genauere Versuche mit Gold-, Silber-, Blei-, Eisen-, Zink-, Messing-, Marmor-, Ton-, Quarz- und Meteorit-Pendeln und kam zu dem Ergebnis, daß die eventuellen Abweichungen den Wert von $\frac{1}{60\ 000}$ nicht überschreiten können.

In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts befaßte sich auch *Baron Roland v. Eötvös* mit dem gleichen Problem und erreichte mit

seiner speziellen Methode, die weiter unten besprochen wird, eine beträchtlich größere Genauigkeit. Er verglich Glas, Antimonit und Kork mit Messing. Die Versuche ergaben, daß die eventuelle Abweichung jedenfalls geringer sei als $\frac{1}{20\,000\,000}$ ¹⁾. Zu gleicher Zeit verglich er auch die Luft mit dem Messing, erreichte hier aber in Anbetracht der geringen Dichte der Luft bloß $\frac{1}{100\,000}$ Genauigkeit.

Zu Anfang dieses Jahrhunderts führten *Landolt* und *Heydweiller* interessante Versuche aus, die ebenfalls mit dieser Frage in Zusammenhang stehen. Sie führten nämlich in völlig geschlossenen n-förmigen Röhren chemische Reaktionen aus. Die aufeinander wirkenden Stoffe bzw. Lösungen wurden in die beiden Schenkel der Röhre gefüllt, die Röhre selbst zugeschmolzen und ihr Gewicht auf einer genauen Wage festgestellt. Hierauf wurde die Röhre umgekehrt, die Reagentien also vermischt, wodurch die Reaktion eintrat. Nach erfolgter Reaktion wurde das Gewicht der Glasröhre wieder genau gemessen und es gelang in mehreren Fällen eine nachweisbare Gewichtsveränderung zu konstatieren. Diese Versuche würden im Gegensatz zu den vorigen bedeuten, daß die Gravitation auf verschiedene Substanzen, namentlich auf die Stoffe vor und nach erfolgter Reaktion verschieden wirke und so das Gewicht der Körper auch von ihrer stofflichen Beschaffenheit abhängig sei. Sowohl durch diese Versuche, wie auch durch neuere Untersuchungen über Elektrizität und radioaktive Substanzen und die damit zusammenhängenden Theorien wurde die Wichtigkeit und Aktualität dieser Frage noch mehr hervorgehoben.

Diese Umstände bewogen die philosophische Fakultät der Universität zu Göttingen, den *Benecke-Preis* von 1909 für eine *Untersuchung der Proportionalität von Trägheit und Gravität* auszuschreiben. In dieser Richtung führten wir mit Professor *Baron Roland v. Eötvös* und dem Geophysiker *Eugen Fekete* zu dreien eine Reihe von Experimenten aus, die von der Universität zu Göttingen mit dem ersten Preise gekrönt wurden.

Unseren Untersuchungen lag das *Eötvössche*, von ihm bereits bei seinen ersten Experimenten angewandte Verfahren zugrunde, dessen Prinzip folgendes ist: Die Schwere ist bekanntlich keine einfache Kraft, sondern resultiert aus der Anziehungskraft der Erde und aus der infolge der Rotation auftretenden Zentrifugalkraft. Diese Verhältnisse sind in Fig. 1 dargestellt. Der Bogen *APN* bedeutet einen Meridian der Erdoberfläche, *NF* die Rotationsachse der Erde, *A* einen Punkt des Äquators. Die auf den Punkt *P* der Erdoberfläche einwirkende Anziehungskraft ist durch den Pfeil *PG* angedeutet, *PC* bezeichnet die absichtlich unverhältnismäßig groß angegebene)

Zentrifugalkraft und *Pg* die Resultierende der beiden Kräfte, die Schwere. Wie ersichtlich, weicht unter dem Einfluß der Zentrifugalkraft die Anziehungskraft aus ihrer ursprünglichen Richtung südwärts ab. Der Grad dieser Abweichung ist am Äquator und an den Polen gleich 0 und am größten unter 45° geographischer Breite. In *Budapest*, dem Schauplatz unserer Messungen, beträgt diese Abweichung 5' 56" oder 356". Setzt man nun voraus, daß die Anziehung auf verschiedene Stoffe verschieden ist, so kann man die Anziehungskraft füglich mit dem Pfeile *PG'* bezeichnen und dementsprechend die Schwerkraft mit *Pg'*, deren Richtung von der Richtung *Pg* der auf andere Stoffe wirkenden Schwerkraft abweicht. Die Abweichung beträgt mit genügender Annäherung in Budapest den sovielten Teil von 356", um den wievielten die Anziehungskraft selbst sich ändert. Mit anderen Worten: Wirkt die

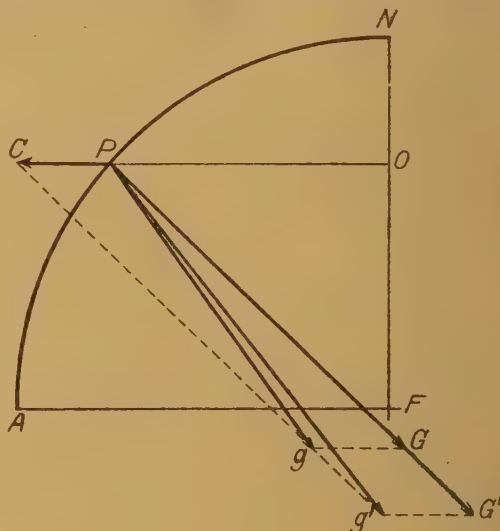


Fig. 1.

Anziehungskraft auf verschiedene Stoffe verschieden ein, so muß sich in der Richtung der Schwerkraft dementsprechend eine Änderung nachweisen lassen. Laut früheren Experimenten von *Eötvös* ist diese Richtungsabweichung geringer als $\frac{356}{20\,000\,000}$ oder ungefähr $\frac{1}{60\,000}$ Bogensekunde. Die eventuelle Abweichung ist demnach von so geringem Betrage, daß die Empfindlichkeit des Lotes und der Libelle zu ihrem Nachweise nicht genügen; sehr gut verwendbar ist aber dafür die *Eötvössche Drehwage*. *Eötvös* hat nämlich zur Untersuchung der räumlichen Variationen der Schwerkraft äußerst empfindliche Drehwagen, Schwerevariometer konstruiert, die ich bereits früher hier beschrieben habe.

Zu den Versuchen benutzten wir sowohl das einfache als auch das Doppel-Variometer. An dem einen Ende des Drehbalkens wurde ständig das Platingewicht belassen, am anderen Ende wurden die zum Vergleich dienenden Stoffe angebracht. Man hänge z. B. einen Kupferstab an den Balken, so daß also an dem einen Balkenende ein Platin-

¹⁾ Über die Anziehung der Erde auf verschiedene Substanzen. Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn, Band 8, 1890.

gewicht, am anderen ein Kupfergewicht ist. Dann stelle man das Instrument so ein, daß der Drehbalken in ost-westlicher Lage senkrecht auf den Meridian gerichtet sei, und lese mit Hilfe des Fernrohres und der Skala die genaue Stellung ab. Hierauf drehe man das ganze Instrument um 180° , so daß an die Stelle des Platingewichtes das Kupfer gelangt, und lese die Stellung wieder ab, sobald der Balken zur Ruhe gekommen ist. Besitzt die Schwerkraft für Platin und für Kupfer eine verschiedene Richtung, so muß eine entsprechende Drillung auftreten, die beiden Ablesungen müssen verschiedene Werte ergeben. Aus dieser Differenz läßt sich die Differenz der Anziehungskräfte berechnen.

In Wirklichkeit verhält sich die Sache natürlich nicht so einfach, wie ich hier angegeben habe. Stillschweigend war nämlich hier vorausgesetzt, daß an dem Orte der Messungen keinerlei räumliche Variationen der Schwerkraft wirksam seien, bzw. die vernachlässigt werden können. In Wirklichkeit ist solch ein Ort nirgends zu finden und gerade in den Laboratoriumsräumen sind infolge der ungleichmäßigen Verteilung der Massen, besonders unter dem Einfluß der Kellergewölbe, die räumlichen Variationen sehr bedeutend. Dementsprechend treten bei Drehung des Instrumentes beträchtliche Drillungen auf, die den räumlichen Variationen der Schwerkraft und nicht einer Verschiedenheit der Anziehungskraft ihren Ursprung verdanken. Die beiden Wirkungen sind jedoch leicht voneinander zu trennen durch eine besondere Reihe von Messungen, bei denen beide Balkenenden mit dem gleichen Stoff, z. B. Platin, belastet sind. Die Differenz zwischen den beiden Versuchsreihen gibt dann Antwort auf die uns interessierenden Fragen.

Der Vollständigkeit halber erwähne ich noch, daß wegen der räumlichen Variationen darauf zu achten ist, daß die Schwerpunkte der ins Instrument gehängten verschiedenen Stoffe in gleicher Höhe liegen. Von Vorteil ist es ferner, wenn auch der Höhenunterschied der an den Balkenenden angebrachten Gewichte geringer ist, als beim gewöhnlichen Gebrauch der Instrumente. Besondere Sorgfalt verwendeten wir darauf, unsere Instrumente vor äußeren störenden Einflüssen zu schützen. Mit geeigneten Beobachtungs- und Rechnungsverfahren wurden die auftretenden Störungen in Betracht gezogen, bzw. eliminiert. Wir stellten lange, mehrere Tage währende Versuchsreihen an, wodurch wir ebenfalls eine Steigerung der Genauigkeit erzielten. Auf Einzelheiten kann ich mich hier nicht einlassen, deshalb übergehe ich auch die angewandten rechnerischen Formeln.

Die in der Preisarbeit enthaltenen Experimente und deren Resultate sind kurz folgende:

1. Wir stellten nach der soeben angeführten Methode von Eötvös Versuche an, wobei die zu untersuchenden Substanzen stets mit Platin verglichen wurden. Zur Untersuchung gelangte *Magnalium*, *Schlangenhholz*, *Kupfer*, *Wasser*,

kristallinisches Kupfersulfat, *Kupfersulfatlösung*, *Asbest* und *Talg*, mit einem Worte Substanzen von sehr verschiedenem spezifischen Gewicht, Molekulargewicht, Molekulargröße, Aggregatzustand und Struktur. Den Ergebnissen zufolge ist, falls eine Abweichung in der Massenanziehung bezüglich dieser Stoffe überhaupt besteht, dieselbe jedenfalls kleiner als $\frac{1}{200\ 000\ 000}$.

Ferner untersuchten wir mit diesem Verfahren die *Silbersulfat-Ferrosulfat-Reaktion* nach Landolt, bei welcher er eine große Gewichtsänderung beobachtete, sowie die *Lösung von Kupfersulfat in Wasser*, bezüglich der Heydweiller ähnliches gefunden hat. Laut unseren Versuchen ist in beiden Fällen die allenfallsige Abweichung jedenfalls geringer als $\frac{1}{500\ 000\ 000}$. Landolt und Heydweiller haben bei ihren Experimenten diese Genauigkeit bei weitem nicht erreicht. Es muß bei ihren Versuchen irgend ein Fehler vorliegen.

2. Ferner stellten wir Versuche an, um einen eventuellen Unterschied der Anziehungskraft auf verschiedene Stoffe aus der *Attraktion* durch die *Sonne* nachzuweisen. Nach diesem Verfahren verglichen wir nur *Magnalium* und *Platin*. Das Prinzip der Methode ist folgendes: Das Instrument wird so eingestellt, daß der Drehwagebalken in die Meridianebene, in *nord-südliche* Richtung zu liegen kommt und diese Lage während der ganzen Dauer des Experimentes unverändert beibehält. Am einen Balkenende ist Platin, am anderen *Magnalium* angebracht. Setzt man z. B. voraus, daß die Sonne auf *Magnalium* eine größere Anziehung ausübt als auf Platin, so wird bei *Sonnenaufgang* das mit *Magnalium* beschwerte Balkenende infolge der größeren Anziehungskraft *ostwärts* und bei *Sonnenuntergang* aus demselben Grunde *westwärts* ausweichen; mit einem Worte: die Drehwage wird regelmäßige tägliche Schwankungen ausführen. Um die nicht völlig ausschließbaren Störungen in Rechnung ziehen zu können, führten wir eine Reihe besonderer Versuche aus mit Platin an beiden Balkenenden. Unsere Schlußfolgerungen zogen wir aus der Differenz der beiden Versuchsreihen. Auf diese Weise kamen wir zu dem gleichen Resultat, das für *Magnalium* und Platin die erste Methode ergeben hatte.

Dieses Verfahren ist weniger empfindlich als das vorige, doch sind auch damit hübsche Resultate zu erzielen, sofern man zu den Beobachtungen nicht die einfache Drehwage, sondern den *Eötvösschen Gravitations-Kompensator* benutzt (Fig. 2). Dieses Instrument ist im wesentlichen auch eine Drehwage, deren Empfindlichkeit aber durch die in bestimmter Weise angebrachten großen Bleimassen, durch die sogenannten *Kompensationsmassen*, gesteigert ist. Der Torsionsdraht befindet sich in dem auf einem Wandkonsol befestigten langen vertikalen Rohre. Der daran hängende Drehwagebalken besteht aus einem leichten Stabe, an dessen Enden zwei Messingkugeln von je ca. 30 g Ge-

wicht angebracht sind. Der Balken ist in dem doppelwandigen horizontal stehenden Rohre eingeschlossen, um gegen die äußeren störenden Einflüsse besser geschützt zu sein. Die Kompensationsmassen haben die Form von Zylinderquadranten, deren mittlere Kanten abgeschnitten, zylindrisch ausgehöhlt und paarweise gegenüberliegend an eine Metallhülse angelötet sind. Je ein Quadrantenpaar bildet einen Kompensator, welcher an einem besonderen Gestell um eine horizontale Achse drehbar angebracht ist. An

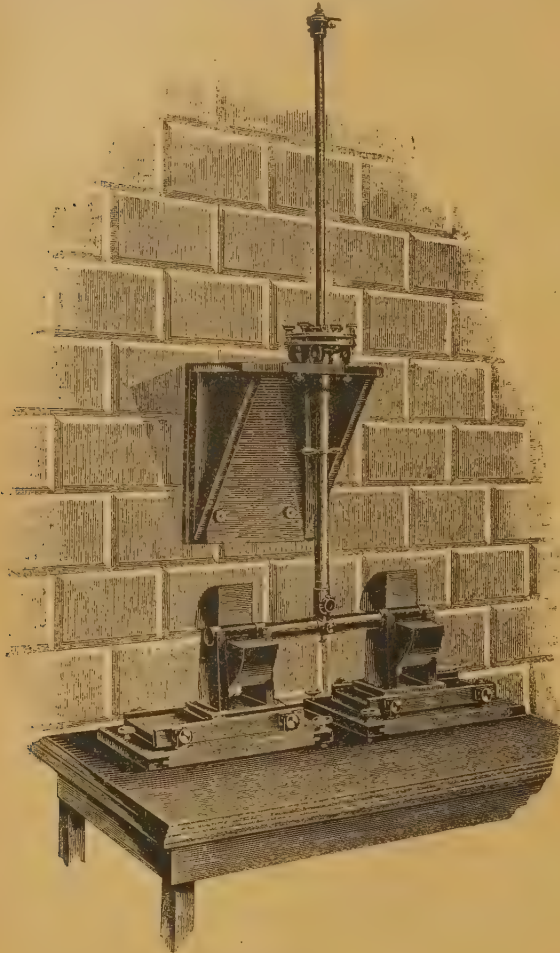


Fig. 2.

den beiden Enden (des Drehwagebalkens) ist auf das Rohr des Apparates je ein solcher Kompensator daraufgeschoben, und zwar so, daß sich die Kugeln des Balkens um die Mitte der Zylinderquadranten bewegen. Die Beobachtung geschieht durch Spiegelablesung, und zur Steigerung der Empfindlichkeit durch photographische Registrierung.

Die Empfindlichkeit des Instrumentes hängt von der Stellung der Kompensatoren gegen die Vertikale ab. Wenn die Bleiquadranten sich in einer vertikalen Lage befinden, nämlich der eine über und der andere unter den Drehwagekugeln, dann wird die Empfindlichkeit des Instrumentes nicht beeinflusst,

weil in dieser Stellung die Kompensationsmassen auf den in der Horizontalen sich bewegendenden Balken vertikale Kräfte ausüben. Wenn aber die Kompensatoren eine geneigte Lage haben, also ihre Massen sich seitwärts des Balkens befinden, dann haben die von den Quadranten ausgeübten Kräfte auch horizontale Komponenten. In der Mittellage des Balkens halten sich diese von entgegengesetzten Seiten kommenden, von den gleichen Quadranten ausgeübten Kräfte das Gleichgewicht. Wenn aber der Balken durch Anziehung einer äußeren Masse aus seiner zentralen Lage weicht, dann halten sich die Kräfte eines Quadrantenpaares nicht mehr das Gleichgewicht, und die Amplitude wird durch die Attraktion der Kompensationsmassen vergrößert. Je größer die Neigung der Kompensatoren zur vertikalen Lage, um so größer ist die Empfindlichkeit des Instrumentes. Die Theorie¹⁾ gibt den genauen Zusammenhang zwischen der Neigung der Kompensatoren und der Empfindlichkeit des Apparates. Theoretisch läßt sich die Empfindlichkeit dieses Instrumentes nach Belieben bis ins Unendliche steigern. In der Praxis ist diese Steigerung durch den Umstand begrenzt, daß eine Steigerung der Empfindlichkeit auch eine Zunahme der Störungen nach sich zieht, so daß für deren Ausschluß Sorge getragen werden muß, was mit geeigneten Einrichtungen in ziemlich weitem Maße auch möglich ist.

3. Einen besonderen Teil der Untersuchungen bilden die früheren Versuche Eötvös' zur Klärung der Frage, ob nicht bezüglich der Gravitation die den Zwischenraum ausfüllenden Me-

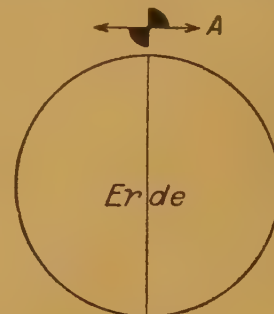


Fig. 3.

dien eine der Absorption ähnliche Wirkung ausüben, ob sie die Anziehungskraft nicht absorbieren, verringern. Bei diesen Experimenten verwendeten wir den Gravitations-Kompensator, und zwar untersuchten wir nach besonderen Verfahren, in welchem Maße die Anziehungskraft der Erde durch die dazwischenliegenden Kompensationsbleimassen beeinflusst wird. Wenn nämlich die Quadranten des Kompensators so gestellt sind, wie in Fig. 3, dann wirkt die Anziehung der einen Hälfte der Erdkugel un-

¹⁾ Sie ist in folgender Abhandlung zu finden: R. v. Eötvös, *Untersuchungen über Gravitation und Erdmagnetismus*. Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge, Bd. 59, 1896.

mittelbar, die der anderen Hälfte durch den Bleiquadranten hindurch auf den Drehwagebalken. Die Anziehung der beiden Erdkugelhälften muß im Falle einer Absorption verschieden sein und ein Drehmoment hervorbringen, welches nach A, also nach jener Seite gerichtet ist, auf welcher die Absorption einen kleineren Wert hat. Wenn die Kompensatoren um 90° verdreht werden, so muß sich die Wirkung der Absorption selbstverständlich der vorigen entgegengesetzt zeigen. Um die aus der nicht ganz genauen Gleichheit der Bleiquadranten und nicht ganz genauen zentralen Lage des Balkens herrührenden Fehler zu eliminieren, wird die Beobachtung in je vier, miteinander 90° bildenden Kompensatorstellungen vorgenommen. Aus diesen Daten kann man die Absorption der Bleiquadranten genau bestimmen. Durch Umrechnung der Beobachtungsergebnisse kommen wir zum Resultate, daß eine Bleiplatte von 1 m Dicke jedenfalls einen geringeren Betrag als $\frac{1}{2} 000\,000\,000$ der Anziehungskraft der Erde absorbiert. Dementsprechend ist die Absorption einer Bleiplatte von der Dicke des Erddurchmessers jedenfalls geringer als $\frac{1}{500}$. Vorläufig steht erst eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Beobachtungen zur Verfügung; durch entsprechende Versuchsreihen wird sich die Genauigkeit wohl wesentlich steigern lassen.

4. Endlich untersuchten wir auch die *radioaktiven Stoffe*. So verglichen wir nach der Eötvöschs Methode die Anziehung des *Radiumbromids* mit der des *Platins*. In Anbetracht der geringen Menge der radioaktiven Substanz ist auch die erzielte Genauigkeit geringer. Laut den Ergebnissen ist die eventuelle Differenz der Anziehungskräfte jedenfalls geringer als $\frac{1}{2} 000\,000$.

Bei weiteren Versuchen wurde ein Radiumpräparat in ein Röhrchen eingeschlossen im Inneren des Instrumentes nahe dem Platingewicht des Drehbalkens angebracht. Merkwürdigerweise ließ sich je nach der Lage des Präparates zum Balken eine anziehende oder abstoßende Wirkung beobachten. Die Ursache dieser Wirkungen liegt jedoch nicht in der radioaktiven Substanz. Bringt man nämlich ins Innere des Instrumentes statt des Präparates ein kleines Glasröhrchen, in das ein dünner Platindraht eingeschmolzen war, und würde dieser von außen mittels des elektrischen Stromes in dem Grade zum Glühen gebracht, daß seine Wärmeproduktion der des Radiumröhrchens gleichkam, so trat je der Lage des Röhrchens gemäß quantitativ dieselbe abstoßende oder anziehende Wirkung auf, wie bei dem Radiumpräparate. Dementsprechend hängen die beobachteten Wirkungen nur mit den Erwärmungserscheinungen zusammen. Auf Grund dessen kommt somit den radioaktiven Stoffen nicht irgend eine spezifische anziehende oder abstoßende Wirkung zu, desgleichen wird auch die Anziehungskraft der Erde nicht in bemerkbarer Weise durch dieselben absorbiert.

Das Endresultat unserer Experimente läßt sich kurz in folgendem zusammenfassen: *Wir haben eine Reihe von Beobachtungen angestellt, die an Genauigkeit alle vorangehenden übertrafen, doch konnten wir in keinem einzigen Falle eine bemerkbare Abweichung vom Gesetze der Proportionalität der Trägheit und Gravität entdecken.*

*

Nach Abschluß dieser Untersuchungen stellte in neuester Zeit *Einstein* seine *allgemeine Relativitätstheorie* auf. Das Gesetz der Proportionalität von Trägheit und Gravität bildet einen Grundpfeiler dieser hochbedeutenden Theorie, der exakte experimentelle Nachweis seiner Festigkeit hat daher bedeutend an Gewicht gewonnen.

Die bei unseren Versuchen erzielte Genauigkeit kann nur dann ihrer wahren Bedeutung nach gewürdigt werden, wenn man die Umstände dieser Bestimmungen in Betracht zieht. Die Genauigkeit unserer Beobachtungen beträgt durchschnittlich $\frac{1}{200\,000\,000}$. Um dies zu erreichen, mußten wir, wie bereits ausgeführt wurde, mit unserem Instrumente eine Richtungsänderung der Schwerkraft von $\frac{356}{200\,000\,000}$, das ist ungefähr $\frac{1}{500\,000}$ Bogensekunde, gerade noch wahrnehmen können. Unter diesem Winkel würde man von der Erde aus einen auf der Mondoberfläche befindlichen, ca. $\frac{1}{3}$ cm langen Gegenstand sehen. Diese überraschende Tatsache führt die Empfindlichkeit des genialen Instrumentes *Baron Roland v. Eötvös'* sozusagen handgreiflich vor Augen, und daraus erklärt sich, daß damit mittelbar die Richtungsänderungen der Schwerkraft mit solcher Genauigkeit meßbar waren. Es gibt sogar noch einen Fortschritt auf diesem Wege: unsere neueren Torsionsdrähte sind bereits besser als die bisher verwendeten, und mit dem Gravitations-Kompensator wird sich die Genauigkeit sicher noch steigern lassen; die tatsächliche Durchführung dieser Arbeit jedoch ist der Zukunft vorbehalten.

Besprechungen.

Hillebrand, F., Ewald Hering, ein Gedenkwort der Psychophysik. Berlin, J. Springer, 1918. 108 S. Preis M. 5,60.

Vor Jahresfrist ist einer der größten deutschen Denker, *Ewald Hering*, zu Grabe getragen worden, ohne daß eigentlich die wissenschaftliche Welt diesen Verlust voll empfunden hätte. Es liegt dies nur zum Teil an dem alle Gedanken und Leidenschaften auf sich konzentrierenden politischen Geschehen der Zeit, vor allem wohl daran, daß *Hering* auf so verschiedenen Gebieten der Wissenschaft Grundlegendes geleistet hat, daß gerade von seinen engeren Fachgenossen bisher nur relativ wenige die umfassende geistige Kraft dieses Mannes voll erkannt haben.

Es ist deshalb auf das dankbarste zu begrüßen, daß der aus *Herings* Schule hervorgegangene Innsbrucker Psychologe *Hillebrand* den Versuch unternommen hat, an der Hand einer ausführlichen Besprechung von *Herings* sinnesphysiologischen und psychophysischen Arbeiten die außerordentliche Bedeutung aufzuzeigen,

die diesem Teile seines Lebenswerkes für die Experimentalpsychologie im weitesten Sinne des Wortes und für die Erkenntnistheorie zukommt.

Wie *Hillebrand* selbst schreibt, wollte er nicht einen Bericht über die Fülle von Einzeluntersuchungen *Herings* erstatten, sondern versuchen, was von prinzipieller Bedeutung für *Herings* Problemstellung und Methoden ist, zu einem geschlossenen und von Verzerrungen freien Bilde zu vereinigen.

Diese Arbeit ließ sich nicht durchführen, ohne auf jene hartnäckigen Kontroversen einzugehen, die sich durch große Gebiete der sinnesphysiologischen Literatur der letzten Jahrzehnten erstrecken, jene ganz auffallende Differenz zweier Lehren, als deren Hauptvertreter einerseits *Hering*, andererseits *Helmholtz* hervorragen. Es ist dem Verfasser auf das allerbeste gelungen, die grundlegenden Unterschiede in der „Denkrichtung“ dieser beiden Forscher aufzudecken und uns so den immer wieder zutage tretenden tiefen Gegensatz zwischen den Anschauungen *Herings* und *Helmholtz* verständlich zu machen.

Helmholtz betrat das Gebiet der Sinnesphysiologie als Physiker, *Hering* als Biologe, deshalb sah jener in den Empfindungen im wesentlichen nur Funktionen der physikalisch definierten äußeren Reize, während *Hering* — so wie *Joh. Müller* — die Empfindungen in erster Linie als Korrelate der Lebensvorgänge des Nervensystems auffaßte, sie also als in gleicher Weise von dem jeweiligen Zustande des Nervensystems wie von der Art des äußeren Reizes abhängig erkannte.

Die Differenz der Resultate, die sich aus diesen beiden Betrachtungsweisen ergibt, möge ein Beispiel aus der Farbenlehre zeigen. *Helmholtz* meinte, daß die Merkmale einer Farbe, ihr Ton, ihre Helligkeit, ihre Sättigung physikalisch definierbar seien durch die Wellenlänge, die Amplitude und die Menge des beigemischten weißen Lichtes. Da nun die tägliche Erfahrung lehrt, daß zwischen unseren Farbenempfindungen und jenen nur nach der physikalischen Qualität des Reizlichtes theoretisch zu erwartenden Empfindungen tiefgreifende Unterschiede bestehen (Kontrast, Nachbilder usw.), sah sich *Helmholtz* genötigt, diese Unterschiede z. B. bei den simultanen Kontrastphänomenen als Folgen von Urteilstäuschungen, unbewußten Schlüssen usw. aufzufassen. Es ist ein nicht hoch genug einzuschätzendes Verdienst *Herings* um die Psychologie, daß er die Unhaltbarkeit dieser Hilfhypothesen nachgewiesen und sie durch das Gesetz der Wechselwirkung der Sehfeldstellen ersetzt hat.

Unbewußte psychische Vorgänge spielten auch die Hauptrolle bei der von *Helmholtz* vertretenen Theorie des räumlichen Sehens, nach der wir unsere Gesichtsempfindungen in den Raum „hinausprojizieren“, sie in den Schnittpunkt der Richtungslinien „verlegen“. In *Herings* Theorie des Raumsinnes spielt dagegen der wirkliche, durch Messung usw. erweisbare Ort der Raumdinge überhaupt keine Rolle; er sieht vielmehr in dem scheinbaren Ort eines Sehdinges ebenso ein primäres Merkmal der Empfindung, wie in der Farbe dieses Dinges. Es zeigt sich somit auch auf diesem Gebiete die prinzipielle Verschiedenheit der Denkrichtung des physikalisch-mathematischen Forschers auf der einen, des biologisch geschulten Psychophysikers auf der anderen Seite.

Es ist nicht möglich, im Rahmen eines Referates näher auf diese für die Geschichte der Sinnesphysiologie und der Psychophysik so überaus wichtigen Probleme einzugehen; aber der Referent hofft, daß diese wenigen Zeilen genügen werden, auf den großen

Wert der vorliegenden Schrift hinzuweisen, die in überaus klarer und scharfsinniger Weise auch den ferner Stehenden in diese allgemein interessanten Probleme einführt.

Nicht nur alle, die *Hering* als Forscher und Persönlichkeit gekannt und verehrt haben, werden dem Verfasser für das vorliegende Buch dankbar sein, sondern jeder, der die Entwicklung der Psychophysik in den letzten Jahrzehnten verfolgen will, wird daraus eine Fülle der Belehrung und die Klarstellung fundamentaler Probleme gewinnen. v. Brücke, Innsbruck.

Erinnerungen an Th. Boveri. Tübingen, J. C. B. Mohr, 1918. 161 S. und 4 Abbild. Preis M. 8,—.

Eine Gedächtnisschrift, sofort nach dem Tode eines bedeutenden Mannes veröffentlicht, kann vorschnell und daher überflüssig erscheinen. Und doch war der Wunsch der Schüler und Freunde *Theodor Boveris*, sein Erinnerungsbild möglichst frisch zu fixieren, erklärlich und des lebhaftesten Dankes vieler gewiß. Das Forschungsfeld, auf dem die Haupterfolge des großen Toten liegen, ist in steter Umackerung begriffen. Schon nach einem Jahrzehnt kann die Stellung der wissenschaftlichen Welt zu den Problemen der experimentellen Zytologie so weit von der heutigen verschieden sein, daß es von dem größten historischen Interesse sein wird, zu wissen, wie kompetente Zeitgenossen heute über das Lebenswerk des Verstorbenen dachten. Und all die Verehrer des großen Forschers werden dankbar sein, frische, unverblaßte Eindrücke von der Persönlichkeit *Boveris* dargeboten zu erhalten, die bei ihrer großen Zurückhaltung nur wenigen bekannt, aber eigenartig und reizvoll genug war, um eine ausführliche Schilderung zu verdienen. Die mit drei Porträts *Boveris* aus verschiedenen Lebensaltern und einer beachtenswerten Probe seiner Zeichenkunst geschmückte Schrift wird eingeleitet von seinem Bruder Dr. W. *Boveri* mit einem kurzen Abriß der Familiengeschichte und der Erzählung der glücklichen in Bamberg verlebten Kinderjahre. Ein Jugendfreund, General *Beeg*, umreißt dann mit wenig Zügen ein Bild des Schülers auf dem Nürnberger Realgymnasium. Was ihn schon damals über die Altersgenossen hervorhob, war seine außergewöhnliche moralische Kraft. Sie bewirkte, daß er seine reichen Anlagen gewissenhaft ausnützte; sie führte ihn zu einer in diesen jugendlichen Jahren gewiß seltenen objektiven Selbstkritik — sie war die Grundlage des bewundernswerten geistigen Ordnungsinnes, der sich in seiner ganzen Persönlichkeit wie in allen seinen Leistungen kundtat. Eine bewundernswerte knappe und zugleich vollständige Darstellung von *Boveris* wissenschaftlichem Lebenswerk gibt sein ältester Schüler Prof. H. *Spemann*. Die Übernahme von C. *Rabls* Theorie der Kontinuität des Chromatins, ihre Fortbildung zur Lehre von der Individualität der Chromosomen, die Entdeckung, daß das Centrosom ein dauerndes Zellorgan ist, die früh erkannte und scharf durchgeführte Scheidung zwischen Befruchtung und Vererbung, die Beweise für die überragende Rolle des Zellkernes in der Vererbung, der Nachweis von der Unabhängigkeit der Lebenszyklen des Chromatins einer- und des Centrosoma andererseits, die durch die glänzenden Experimente mit dispermem Seegeleiern gewonnene Entdeckung der qualitativen Verschiedenheiten der Chromosomen — alles das wird auf wenigen Seiten abgehandelt. Dieser Teil von *Spemanns* Beitrag hat selbständige Bedeutung als kurz gefaßte Geschichte eines wichtigen Teiles der Zytologie. Daneben kommen auch die anderen Arbeiten *Boveris*, namentlich seine

berühmte Entdeckung der Nieren des Amphioxus, nicht zu kurz. Zuletzt folgt dann eine Zusammenfassung der ganzen wissenschaftlichen Persönlichkeit, gipfelnd in dem Satze: „Mit der schöpferischen Seite seines Geistes verband sich ein alles auflösender Verstand, rastlos forschend und prüfend zu eigener Lust und Qual, vor nichts Halt machend.“ *Spemanns* begeisterte Schilderung des geliebten Lehrers wird trefflich ergänzt durch eine kritische Studie von Prof. E. B. Wilson. Er zeigt uns, daß *Boveris* Größe nicht in der Schaffung richtunggebender Theorie lag. Er fußte vielmehr ganz auf den Gedankengängen älterer Forscher, namentlich *Roux* und *Weismanns*. Aber er „unternahm die in mancher Hinsicht noch schwierigere Arbeit, auf den Fundamenten, die diese Forscher legten, weiter zu bauen“. Er packte alle Probleme fester an, er grub tiefer als andere, und so wurden seine Entdeckungen selbst wieder die Grundlage neuer Theorien, die er dann mit zäher Beharrlichkeit, oft durch Jahrzehnte, weiter verfolgte. Mit Recht rühmt *Wilson* mehrfach auch die „Eleganz“ von *Boveris* Experimenten. Diese bieten in der Tat in Anlage und Ausführung geradezu ästhetischen Reiz. Wie Kunstwerke besitzen sie ihren eigenen „Stil“. Ebenso waren seine Schriften ausgezeichnet durch „eine Vornehmheit der Darstellung, daß sie ebenso als Kunstwerke wie als wissenschaftliche Leistung wirkten. In dieser Beziehung steht *Boveri* unter den Biologen seiner Zeit ohne Gleichen.“ *Boveri* als Lehrer würdigt sein langjähriger Mitarbeiter Prof. F. Baltzer. Bei aller Schärfe und Kühle der Kritik, die er auch den Schülern gegenüber nicht unterdrückte, hatte *Boveri* als Lehrer doch auch die Kraft, um sich „eine gesteigerte lebenswarme Atmosphäre“ zu schaffen, den Spiegel vieler Seiten seines Wesens“. *Baltzer* zeigt uns auch, wie es kam, daß das Würzburger Zoologische Institut mehr und mehr zum „Forschungsinstitut“ wurde, in dem hauptsächlich bereits reifere Gelehrte, zum großen Teil Ausländer, arbeiteten. Prof. A. Leiber, einer von *Boveris* Lieblingsschülern, bringt persönliche Erinnerungen, harmonische Klänge aus dem engsten Freundeskreise des Verstorbenen. Sein Würzburger Kollege, der bekannte Physiker W. Wien, gibt dann noch ein fesselndes Bild des ganzen Menschen, seiner Stellung zu Freunden und Kollegen, zu Kunst und Dichtung, zu Politik, Kultur und Weltanschauung, und gewährt tiefe Einblicke in eine im ganzen nicht leicht zugängliche Seele. Mit den Abschiedsworten, die Prof. W. C. Röntgen bei der Einäscherung sprach, schließt die sympathische und inhaltsreiche Schrift. J. Groß, Berlin-Dahlem.

W. Nöller, Die Behandlung der Pferderäume mit Schwefeldioxyd. Berlin, Richard Schoetz, 1919. 64 S. Preis M. 3,60 + 30 % Teuerungszuschlag.

Durch die vorliegende Schrift macht *Nöller* seine Erfahrungen und Kenntnisse auf dem Gebiet der Schwefeldioxydbekämpfung der Pferderäume weiteren Kreisen zugänglich, während bisher seine Anleitung zur Gasbehandlung nur für militärische Kreise bestimmt war. Es ist die Schrift deshalb mit großer Freude zu begrüßen; denn das Nöllersche Verfahren bricht sich immer weiter Bahn, zumal verschiedene erstklassige Firmen sich jetzt mit der Herstellung von feststehenden und fahrbaren Gaszellen fabrikmäßig beschäftigen.

Der Inhalt des Buches läßt zwei Hauptteile erkennen, einen theoretischen und einen technischen; beide sind mit gleicher Sorgfalt durchgearbeitet. Hinzu kommt noch ein genaues Verzeichnis der bisher erschienenen Literatur.

Im ersten Teil, der die Grundlagen des Gasverfahrens behandelt, finden wir einen kurzen geschichtlichen Überblick, eine genaue Beschreibung der Eigenschaften und biologischen Wirkungen des Schwefeldioxyds sowie ein besonderes Merkblatt zur sachgemäßen Behandlung der mit dem Gase gefüllten Stahlflaschen. Sodann wird das Behandlungsverfahren in seinen Einzelheiten genau besprochen. Wir erfahren die notwendige Dauer der Einwirkung, die Konzentration und Temperatur des Gases, die Vorbehandlung der Pferde, ihr Verhalten während der Vergasung und die Heilungsergebnisse. Besondere Kapitel sind den bei sorgfältiger Beachtung aller Vorschriften recht selten eintretenden Unglücksfällen und der Prüfung der Gaskonzentration gewidmet. Schließlich unterzieht *Nöller* selbst sein Verfahren einer kritischen Würdigung, wobei er die Nachteile, die in der ziemlich umständlichen Apparatur, der Notwendigkeit von geschultem Personal, der erforderlichen Stall- und Putzzeugdesinfektion bestehen, nicht verhehlt. Alle diese Nachteile sind aber meiner Ansicht nach verschwindend gering gegenüber den außerordentlichen Vorteilen, die das Verfahren hinsichtlich der Billigkeit, der schnellen und sicheren Wirkungsweise, der Unschädlichkeit für die behandelten Tiere allen anderen Behandlungsmethoden gegenüber aufweist.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit dem Bau von Gaszellen, sowohl zerlegbaren als auch ortsfesten, aus den verschiedensten Materialien und gibt Anleitungen zum Gebrauch des Kopfschutzes für die Pferde und zur Beschaffung der für die Vergasung notwendigen Gegenstände. Mehrere sorgfältige technische Skizzen tragen zum Verständnis des Textes wesentlich bei.

Für alle diejenigen, welche sich praktisch mit der Schwefeldioxydbehandlung der Räude bei Pferden, Hunden und anderen Säugetieren beschäftigen, ist das Studium der vorliegenden Schrift unerlässlich.

B. Harms, Berlin.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Die Sitzung am 15. März in der Neuen Aula der Universität begann mit einer festlichen Begrüßung der aus Deutsch-Ostafrika zurückgekehrten Deutschen, vor allem unserer tapferen Schutztruppe, durch den Vorsitzenden der Gesellschaft, Geheimrat *Penck*, den Rektor der Universität, Geheimrat *Seeberg*, und den Vorsitzenden Sekretar der Akademie der Wissenschaften, Geheimrat *Roethe*. Dann gab Gouverneur *Schnee* eine Schilderung der Zustände in Deutsch-Ostafrika während des Krieges. Er hob hervor, wie der Krieg unsere Kolonie gänzlich unvorbereitet überrascht habe, da man durch das Kongoabkommen die Neutralität des Landes gesichert glaubte. Das Bombardement der Funkstation in Dar-es-salam durch zwei englische Kriegsschiffe eröffnete die Feindseligkeiten. Es folgte eine Übersicht über den Verlauf der militärischen Operationen unter dem Kommando von *Lettow-Vorbeck*s, deren glänzende Durchführung um so bewundernswerter ist, als unserer Schutztruppe fast gar keine modernen Waffen zur Verfügung standen, während der Feind über alle technischen Hilfsmittel des Krieges, Flugzeuge, Panzerautos, Minenwerfer usw. in reichem Maße verfügte. Im ersten Abschnitt der Kampfhandlungen, der bis März 1916 dauerte, wurde nicht nur das ganze Schutzgebiet gehalten, sondern es konnten auch noch erfolgreiche Vorstöße in feindliches Gebiet gemacht werden. Der zweite Abschnitt begann mit einer großen

Offensive der Engländer, die Ende Juli 1916 Dodoma erreichten und dadurch die Zentralbahn von Dar-es-salam zum Tanganjikasee in ihre Gewalt brachten. Bei Beginn des dritten Abschnittes, im September 1916, war noch ein Siebentel der Kolonie in unserem Besitz, aber weitere Angriffe von den Küstenorten Kilwa und Lindi aus zwangen zur Aufgabe der Kissakifront und der Rufijilinie. Eine siegreiche Schlacht bei Mahiwa, die nach der dreitägigen Schlacht von Tanga zu Beginn des Krieges die größte des ganzen Feldzuges war, brachte keine Wendung zum Besseren, weil der Munitionsmangel sich zu stark fühlbar machte. Am 18. November 1917 wurde der Marsch nach Süden angetreten, und damit begann der vierte und letzte Abschnitt des Feldzuges. Die Streitmacht bestand damals aus 278 Deutschen, etwa 1600 Askaris und 4000

mentär die Nachricht von dem Waffenstillstande überbracht. Die 155 Deutschen fuhren über den Tanganjakasee nach Kigoma und von dort mit der Bahn nach Dar-es-salam, wo leider 11 an der Grippe starben, so daß nur 144 über Rotterdam die Heimat erreichten.

Dieser schlichte Bericht, den der Vortragende über den ostafrikanischen Feldzug gab, der zu den bewunderungswürdigsten der Weltgeschichte gerechnet werden muß, ließ deutlich erkennen, wie richtig die humane Eingeborenenpolitik gewesen ist, die von deutscher Seite in Ostafrika stets getrieben worden ist. Nicht nur in dem portugiesischen Gebiet, sondern auch in den britischen Nachbargebieten Uganda und Njassaland hatten sich die Eingeborenen gegen ihre europäischen Herren erhoben, während es den Engländern auch jetzt, trotz des Druckes, den sie ausüben, nicht gelungen ist, uns die Eingeborenen Deutsch-Ostafrikas abspenstig zu machen. Die Engländer haben für diese, ihnen unverständliche Anhänglichkeit die Formel erfunden, daß wir in den Askari eine besondere Kriegerkaste gezüchtet hätten, was jedoch nicht die Treue der anderen Eingeborenen, die als Boys, Träger usw. mitzogen, zu erklären vermag. Jetzt bemüht man sich durch Deportation angesehenen Eingeborener nach St. Helena, wohin auch der deutschfreundliche frühere Sultan von Zanzibar verschickt wurde, die Deutschfreundlichkeit auszurotten. Aber die Eingeborenen beweisen ein feines Empfinden für die Charaktereigenschaften der Europäer durch ihr Sprichwort: Die Engländer machen schöne Worte, aber sie haben harte Herzen; die Deutschen gebrauchen scharfe Worte, haben aber ein gutes Herz. Ein besonderes Lob zollte der Vortragende auch dem Sanitätspersonal. Trotz des jahrelangen Lebens unter den schwierigsten Verhältnissen, trotz der anstrengendsten Märsche, häufig ohne Zelte, mit unzureichender Nahrung, trotz des Wütens von Malaria, Schwarzwasserfieber, Dysenterie, Rückfallfieber, Typhus, Schlafkrankheit, Pocken und Genickstarre, gelang es der Schutztruppe, ihre Schlagfertigkeit bis zuletzt zu erhalten und sie in den Stand zu setzen, den englischen Truppen, die aus Südafrika, Indien, Westafrika und Amerika herbeigeholt waren, mit Erfolg Widerstand zu leisten. Erwähnung verdient noch, daß die Hälfte des ganzen Kriegsbedarfes an Chinin im Lande selbst hergestellt werden konnte.

Im Anschluß an den Vortrag legte der Vorsitzende ausführlich dar, wie falsch und irreführend die Angaben des englischen Blaubuchs über die deutschen Kolonialgräuereien sind, die in treffender und geschickter Weise durch die Gegenschrift des Reichskolonialamts widerlegt werden, eine Schrift, die leider Präsident Wilson nicht berücksichtigt hat, als er am 14. Februar 1919 dem deutschen Volke die Fähigkeit zum Kolonisieren absprach. Geheimrat Penck faßte seine Ausführungen in den folgenden Sätzen zusammen:

„Die Gesellschaft für Erdkunde legt feierlich Verwahrung dagegen ein, daß dem deutschen Volke von seinen Feinden die Fähigkeit und Gewissenhaftigkeit abgesprochen wird, auch ferner Anteil zu haben an der Kolonisation und der Hebung rückständiger Völker. Deutschlands Fähigkeit, zum Wohle der Menschheit zu kolonisieren, ist durch die Blüte bewiesen, zu der es seine Kolonien vor Ausbruch des Krieges gebracht hatte, und durch die Ergebnisse einer humanen Eingeborenenpolitik, wie sie besonders in der Treue der Eingeborenen Deutsch-Ostafrikas während des Krieges in schlagender Weise hervorgetreten sind. Deutschland



H. Heyde.

Deutsch-Ost-Afrika.

Der Marsch der deutschen Schutztruppe durch Portugiesisch-Moçambique und Britisch-Rhodesia.

Trägern. Bei Ngomano wurde der Grenzfluß Róvuma überschritten, und nun folgte ein zehnmonatlicher Marsch von 2600 km, der durch die ganze portugiesische Kolonie Moçambique, fast bis zur Mündung des Sambesi großenteils durch unbekannte oder wenig erforschte Gegenden führte. Auf der beigelegten Kartenskizze sind diese Kreuz- und Querzüge durch eine punktierte Linie dargestellt. Es gelang dann von Süden her wieder in unsere Kolonie einzudringen und nach Umgehung des nördlichen Njassasees einen Vorstoß in das britische Nord-Rhodesien zu unternehmen. Am 12. November 1918 fand bei Abercorn, nahe der deutschen Grenze, das letzte Gefecht statt, und am folgenden Tage wurde durch einen englischen Parla-

aus der Reihe der kolonisierenden Mächte zu stoßen wäre Vergewaltigung, niemals Recht.“

Durch die einstimmige Annahme dieser Resolution gestaltete sich die Sitzung nicht nur zu einer Gedenkfeier an Deutsch-Ostafrikas Ruhmestage, sondern auch zu einer machtvollen Kundgebung für die Verankerung des Kolonialgedankens im Bewußtsein des deutschen Volkes.

O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Litauen. Wer im Feldzuge in Litauen und im nördlichen Teile des östlichen Kriegsschauplatzes überhaupt geographische Studien betrieben hat, wird den Mangel einer Karte mittleren Maßstabes empfunden haben. Zwischen den Blättern 1 : 100 000 und 1 : 300 000 einerseits und den Übersichtskarten in 1 : 1 000 000 und darunter fehlte eine handliche Karte, welche einen Überblick über die Gliederung des Landes gewährt und gleichzeitig die wesentlichsten Züge der Bodengestaltung noch erkennen läßt. Diese Lücke ist nun durch *R. Friederichsens Karte von Litauen* (Lietuvos Žemlapis), Hamburg, L. Friederichsen & Co., ausgefüllt worden. Das Blatt reicht in nordsüdlicher Richtung ungefähr von Mitau bis Brest-Litowsk, in westöstlicher von Allenstein bis Smorgon, umfaßt also auch Teile von Polen und Weißrußland. Die vielfach gelichtete und daher den Gesamtüberblick störende Walddecke ist weggelassen, die anthropogeographischen Erscheinungen und die Beschriftung treten unbeschadet ihrer Vollständigkeit und Deutlichkeit im Kartenbilde zurück; es ist offenbar beabsichtigt, in erster Linie die Oberflächengestaltung des Landes zur Darstellung zu bringen. Acht farbige Höhenstufen sind nach dem Vorgange des amtlichen Werkes *Memel—Pregel und Weichselstrom, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse* von H. Keller, Berlin 1899, so gewählt, daß einerseits die großen Bodensenken, Memel-Bohr-Senke und Pripetbecken, und andererseits wichtige Einzelheiten, wie die Durchbruchstäler der Schtschara und der Memel, deutlich hervortreten. Man erkennt auf den ersten Blick die beiden, für das westliche Rußland grundlegenden Höhenzüge, im Norden die preußisch-litauische Seenplatte mit ihren zahllosen, durch blaues Kolorit hervorgehobenen Seen und ihrem ganz unregelmäßigen Entwässerungsnetze, im Süden den von Osten nach Westen ausgedehnten, gegen den Bug hin ausklingenden hydrographisch einförmigeren westrussischen Landrücken. Das ist um so bemerkenswerter, als diese Gliederung durchaus nicht geographisches Allgemeinut ist. Die Karten unserer Schul- und Handatlanten zeigen gewöhnlich nur einen Höhenzug, der sich bis zur russischen Zentralplatte verfolgen läßt. Die Karte lehrt also die bemerkenswerte Tatsache, daß auch dieses Gebiet die Gliederung Norddeutschlands in zwei parallele, mehr oder weniger ostwestliche Bodenschwellen aufweist, daß es also eine natürliche Fortsetzung des norddeutschen Flachlandes ist. Man ersieht aus der Karte ferner, daß die feinere Skulptur vollkommen der unseres Diluviums entspricht, daß der nördliche Höhenzug unruhig kuppig und reich an Hohlformen ist, der südliche aber im allgemeinen Hochflächencharakter hat, ein Unterschied, der nach Wunderlich von grundlegender Bedeutung für die Morphogenese der diluvialen Landschaft ist. Der Ortskundige findet auch die kleineren

Eigentümlichkeiten der Landschaft berücksichtigt, zum Beispiel die merkwürdige Durchbruchsstrecke der Memel bei Grodno, welche einen Zipfel des westrussischen Landrückens abschneidet, oder die hoch über den Tälern liegenden, rascher natürlicher Entwässerung unterliegenden Sümpfe bei Kowno.

Litauen hat während des Krieges keine so planmäßige landeskundliche Bearbeitung erfahren wie Kongreßpolen; doch ergänzen verstreute Veröffentlichungen aus dem besetzten Gebiete die vorher vorhandene spärliche Literatur. Von Bildersammlungen sind zu nennen die *Bilder aus Litauen* von Schlichting, Kowno 1916, eine zwanglose Reihe photographischer Landschafts- und Siedlungsaufnahmen, die, wenn sie auch keinen Vergleich mit den Bilderatlanten der landeskundlichen Kommission Polens aushält, doch immerhin die besprochene Karte einigermaßen zu beleben vermag. Man erhält einen Begriff von der diluvialen Landschaft, den schilf- und buschgesäumten verlandenden Seen der Seenplatte, den gewaltigen Dünen und Wäldern der Memelniederung und den bald breitsohlig flachen, bald erstaunlich tief eingeschnittenen, steilwandigen Tälern.

Die hauptsächlichsten älteren Werke, die Litauen geographisch behandeln bzw. mit umfassen, *Sarmaticus, von der Weichsel zum Dniepr*, geographische, kriegsgeschichtliche und operative Studie, Hannover 1886, und das genannte Stromwerk geben wesentlich topographische Beschreibungen, ohne auf das Entstehen der Formen einzugehen. Von den morphologischen Fragen, die Litauen betreffen, ist die wesentlichste die nach der Entwicklung des heutigen Flußnetzes, das mit dem vorliegenden Bodenrelief nur zum Teile im Einklang steht, vornehmlich im Gebiete der litauischen Seenplatte und des westrussischen Landrückens. Auf den Widerspruch zwischen diesen Elementen der Oberflächengestaltung weist u. a. die Arbeit B. Brandts, *die Sümpfe Westrußlands*, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde 1917, hin. Sie macht aufmerksam auf die hydrographische Uneinheitlichkeit der urstromtalartigen Memel-Bohr-Senke, auf die Durchbrüche der Flüsse durch die beiden Bodenschwellen und auf charakteristische Flußanzapfungen, und versucht die älteren hydrographischen Zustände abzuleiten. Während diese Darstellungen auf dem Studium der Generalstabskarten und auf gelegentlichen, von der Gunst der Feldzugslage abhängigen Exkursionen beruhen, liegt im ersten Teile der „*Landschaften und Städte Polens und Litauens*“, Veröffentlichung der landeskundlichen Kommission, Berlin 1918, von Friederichsen, dem Bearbeiter der Karte Litauens, eine zusammenhängende morphologische Beschreibung des mittleren und unteren Memeltales vor. Beide Autoren nehmen eine ehemalige Entwässerung der Seenplatte nach Süden an, nur mit dem Unterschiede, daß Friederichsen das Ziel der Gewässer in der Hauptsache im Pripetbecken sucht, während Brandt den Abfluß nach Westen und den Anschluß an das norddeutsche Urstromtalsystem für naheliegend hält. Der Oginskikanal würde eine Strecke der alten Entwässerungslinie Friederichsens, der Augustower Kanal eine solche der von Brandt angenommenen bezeichnen.

B. Brandt.

Die erdmagnetische Deklination in Deutschland. Im naturwissenschaftlichen Unterricht ergibt sich immer von neuem die Schwierigkeit, daß die Abweichung der Kompaßnadel von der wahren Nordrichtung nicht mit genügender Genauigkeit bekannt ist.

Selbst in sonst vorzüglichen geographischen, geologischen und physikalischen Lehrbüchern finden sich falsche oder ungenügende Angaben, z. B.: „In Mitteldeutschland beträgt die Deklination jetzt etwa 10° (W)“.

Dabei besitzen wir in der Isogonenkarte von Norddeutschland, die *Adolf Schmidt* für 1919.0 konstruiert hat¹⁾, und in deren Erweiterung auf ganz Deutschland für 1912.0 durch *Karl Hausmann*²⁾ vorzügliche und ausreichende Unterlagen, aus denen man unter Berücksichtigung der Säkularvariation für jeden Ort Deutschlands und für jeden Zeitpunkt den Mittelwert der magnetischen Deklination entnehmen kann.

Um aber weiteren Kreisen, denen diese Karten nicht zugänglich sind, die Möglichkeit zu geben, wenigstens angenähert die mittlere Mißweisung des Kompasses zu bestimmen, habe ich eine kleine Tabelle zusammengestellt, aus der sich dieser Wert für jeden Ort Deutschlands leicht entnehmen läßt.

Erdmagnetische Deklination (West), Epoche 1919.5.

Aachen	11° 12'
Köln	10° 45'
Straßburg	10° 10'
Frankfurt a. M.	9° 47'
Hamburg	9° 10'
Braunschweig	8° 58'
München	8° 11'
Berlin	7° 28'
Dresden	7° 28'
Breslau	5° 36'
Posen	5° 33'
Gleiwitz	4° 48'
Danzig	4° 41'
Königsberg	3° 16'
Goldap	1° 30'

Die Tabelle gilt für die Mitte des Jahres 1919.

Der Betrag der Säkularvariation kann gegenwärtig zu etwa 9' pro Jahr angenommen werden, doch scheint er seit einer Reihe von Jahren in ständiger Zunahme begriffen zu sein.

Beachtung verdient noch, daß außer kleinen örtlichen Störungsbezirken ausgedehnte Gebiete an der Ostseeküste sowie in West- und Ostpreußen vorhanden sind, die sich durch starke magnetische Anomalien auszeichnen, in denen die Isogonen große Abweichungen von ihrem sonst meist nordsüdlichen Verlauf erleiden. Für genaue Messungen müssen daher die angegebenen Karten zu Rate gezogen werden, wie auch in solchen Fällen die tägliche Variation berücksichtigt werden muß, die bis zu ½ Grad betragen kann, wenn nicht infolge einer gerade stattfindenden magnetischen Störung, über welche ein magnetisches Observatorium zu befragen wäre, die Unsicherheit noch größer ist.

O. Baschin.

Schwankungen in der Depression des Horizonts.

W. I. Peters von der Erdmagnetischen Abteilung des Carnegieinstitutes hat während seiner Fahrten mit den der Abteilung gehörigen Schiffen „Galilei“ und „Carnegie“ die Veränderungen in der durch die atmosphärische Strahlenbrechung hervorgerufene Depression des Horizontes ausgiebig beobachtet und hat kürzlich die Ergebnisse von mehr als 3000 Beobachtungen veröffentlicht. Zum Vergleich mit seinen eigenen Mes-

sungen führt er die Angaben eines amtlichen deutschen Schifffahrtshandbuches an, nach denen die Abweichung des Horizonts zwischen 15' nach oben und 3' nach unten schwankt; ein amerikanisches Handbuch gibt sogar einen noch breiteren Schwankungsbereich an. Die Frage ist von höchster praktischer Bedeutung, da jede Minute Abweichung durch abnorme Refraktion einen Irrtum von einer Meile bei der Ortsbestimmung des Schiffes bedeutet. Die von *Peters* angestellten Beobachtungen belaufen sich nach dem *Scient. Amer.* im ganzen auf 3031; in keiner fand sich der Horizont um mehr als 2,4' über oder um mehr als 2' unter der Lage, in der er gesehen worden wäre, wenn die Strahlenbrechung nicht existierte, d. h. mehr als 2,4' über oder mehr als 2' unter der Normaldepression, die von der Höhe des Beobachters über dem Meeresspiegel herkommt. Zu den meisten Messungen diente ein Pulfrichsches Instrument von Zeiß in Jena. Nach *Peters* kommen die außerordentlich großen Werte, die gelegentlich mitgeteilt worden sind, wohl nur in ganz bestimmten Gebieten vor, wo der Seefahrer sie entweder durch Beobachtung an Sternen in verschiedenen Azimuten oder durch besondere Instrumente in Verbindung mit dem Sextanten entdecken könnte. Er fügt hinzu, daß, wenn bei dem Flug über den Ozean astronomische Navigationsmethoden angewendet werden sollen, einfache Mittel, um die Depression des Horizonts zu messen, dringend erforderlich sein werden.

Große Flugzeuge. Mehrere sehr lange Flüge sind bereits mit großen Flugzeugen ausgeführt worden, und besondere Erwähnung verdient der *Nature* zufolge der von Kairo nach Delhi im letzten Dezember, eine Strecke von 5100 km in 45 Stunden tatsächlicher Flugzeit. Mit Erfolg hat *Handley Page* große Flugzeuge gebaut, sein neuestes kann als charakteristisch für das gegenwärtig erreichte Stadium gelten. Die Maschine hat eine Spannweite von ungefähr 38 m und wiegt mit voller Ausrüstung 1200 kg. Neben dem Brennmaterial für einen 800-Kilometer-Flug konnte es eine Nutzlast von etwa 2 t tragen. — Die Hauptschwierigkeit für das große Flugzeug ist die Landung. Je größer die Maschine ist, desto schwerer ist erfahrungsgemäß die Landung, besonders auf schlechtem Boden oder bei schlechter Beleuchtung. Man kann auch die Landungsgeschwindigkeit nicht verkleinern, ohne an der maximalen Fluggeschwindigkeit zu opfern, gerade dem Hauptwert des Flugzeuges als Verkehrsmittel. In diesem Zusammenhange tritt *Curtiss* für die schnellere Entwicklung des großen Wasserflugzeuges ein, da die Landungsschwierigkeiten hier beträchtlich geringer sind als für Landflugzeuge, und Vorkehrungen für ein passendes Landungsterrain nicht notwendig sind, da eine große Fläche ruhenden Wassers fast immer nutzbar vorhanden ist. *Curtiss* baut gegenwärtig ein Flugboot von 38 m Spannweite und glaubt, daß es im kommenden Sommer den Atlantischen Ozean überfliegen kann. Als zweiten Grund für die schnellere Entwicklung von Seeflugzeugen führt er an, daß der Geschwindigkeitsgewinn hier viel schwerer ins Gewicht fällt als bei den Überlandmaschinen, da die Geschwindigkeit der Dampfschiffe so sehr viel geringer ist als die der Expreszüge.

Der Referent der *Nature* bespricht dann die Aussichten des starren Luftschiffes als Transportmittel. Seine besonderen Vorteile sieht er in der größeren Dauerhaftigkeit; er hält es auch dort für das nützlichere Transportmittel, wo es nicht gerade auf die Erzielung von äußerst hohen Geschwindigkeiten an-

¹⁾ Abhandlungen des Königlich Preussischen Meteorologischen Instituts, Berlin, 1910, Bd. 3, Nr. 4 und 1914, Bd. 4, Nr. 12.

²⁾ Petermanns geographische Mitteilungen, Gotha, 1913, Jahrgang 59, 1. Hälfte, Tafel 23.

kommt. Gegen das Luftschiß spricht seine mangelhafte Manövrierfähigkeit bei schlechtem Wetter und daß es nur dort landen kann, wo eine große Hilfsmannschaft zur Verfügung steht. Ein Luftschiß von nahezu 210 m Länge und mit einem Gasfassungsraum von 2½ Millionen Kubikfuß ist nach der *Nature* bereits im Bau. Es soll einen nutzbaren Fassungsraum von ungefähr 50 t erhalten, einen Aktionsradius von 14000 km und eine Betriebsfähigkeit von mehr als 80 Tagen.

Ein neuartiges osmotisches Experiment teilt *Edward Kremers* im zweiten Dezemberheft (1918) der *Ztschrift. Science* mit. Da der Versuch in verschiedener Hinsicht sehr bemerkenswert ist, sei hier kurz darauf aufmerksam gemacht. *Kremers* beobachtete, daß die hohlen Stengel von *Dahlia* nach einem Frost mit Wasser und Eiskristallen gefüllt waren, und zwar jedes Internodium etwa zur Hälfte. Er kam dadurch auf die Vermutung, daß die Internodalkammern Wasserreservoir der Pflanze seien, und stellte nun folgenden Versuch an: Ein Internodium samt Knoten wurde aus einem Stengel herausgeschnitten, die Höhlung wurde mit einer Salzlösung gefüllt und hierauf oben mit einem Gummistopfen verschlossen, durch welchen ein Glasrohr führte. Dann wurde das Stengelstück in einen Becher, der mit destilliertem Wasser gefüllt war, getaucht. Es dauerte nicht lange, so stieg die Salzlösung im Rohr und hatte nach etwa einer Stunde die Höhe von 6 Zoll erreicht. In einer weiteren Stunde war die Lösung bis an das Ende des Rohres gestiegen. Das ganze Internodialstück samt Knoten läßt sich also, nach dem Verfasser, als eine osmotische Zelle betrachten, deren semipermeable Wand durch die Gewebe gebildet wird. Die Richtigkeit des Versuches wird von *Overton* bestätigt, der Verfasser behält sich weitere Untersuchungen vor. Solche sind besonders deshalb nötig, weil die kurze Mitteilung nicht erkennen läßt, ob die Gewebe in den Versuchen des Verfassers noch am Leben waren oder nicht. Man möchte annehmen, daß die nach dem Frost mit Eiswasser gefüllten Internodien bereits abgestorben waren, erfährt aber nicht, ob die Versuchspflanzen gleichfalls vorher dem Frost ausgesetzt waren, oder ob für den Versuch anderes Material verwendet wurde. Ferner ergibt sich die Frage, ob das Wasser durch die Scheidewand des Knotens oder durch die Internodialwand eintritt.

H. G.

Täglicher Gang der Windgeschwindigkeit (v) und Böigkeit (B) in m/sec in Zeebrügge.

M. E. Z.	12-1h V.	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11
<i>v</i>	6,5	6,3	6,5	6,5	6,6	6,9	7,0	7,2	7,3	7,0	6,8	6,5
<i>B</i>	3,1	3,0	2,9	3,0	3,2	3,6	3,7	3,7	3,6	3,5	3,3	3,2
Mittel		7h V—7h N					7h N—7h V					
<i>v</i>		7,0					6,5					
<i>B</i>		3,5					2,1					

Über die zeitlichen Eigenschaften der Regenerationsvorgänge berichtet *Jaroslav Krizenecky* im 42. Bande des *Archivs für Entwicklungsmechanik der Organismen*. (Ein Versuch zur statisch-graphischen Untersuchung und Analyse der zeitlichen Eigenschaften der Regenerationsvorgänge.)

Krizeneckys Versuche wurden an den Füßen der Larven von *Tenebrio molitor* ausgeführt. Es wurden

3 Serien von Larven verschiedenen Alters, in jeder Serie in 3 Gruppen, operiert, und zwar bei 1. wurde ein Fuß des hinteren Paares abgeschnitten, bei 2. außerdem noch ein Fuß des mittleren Paares, bei 3. Füße derselben Seite aller 3 Fußpaare. Die 3. Gruppe ergab wegen des großen Blutverlustes ein negatives Resultat. — Die Beobachtung *Zelenys*, daß die Entfernung mehrerer Gliedmaßen eine schnellere Regeneration herbeiführt, wurde bei diesem Objekte nicht bestätigt. Doch wurde die interessante Erscheinung beobachtet, daß die Füße des mittleren Paares langsamer regenerieren als die des hinteren. Diese Feststellung bei *Tenebrio* steht im Gegensatz mit der *Childeschen* Regel, daß die Regenerationspotenzen mit der Entfernung vom oralen Körperende abnehmen.

Da mit der fortschreitenden Größenzunahme des Tieres die Regenerationsgeschwindigkeit abnimmt, besteht zwischen Wachstum und Regeneration eine vollständige Parallele in dem Sinne, daß beide als negativ autokatalytische Vorgänge aufzufassen sind (*Minot*). Diese Erscheinung ist nicht anders zu deuten, als die von *Ruzicka* definierte Hysteresis des Protoplasmas (s. unten), eine Teilerscheinung des morphologischen Metabolismus, welche von ihm als die Hauptursache des Alterns bezeichnet wird.

J. Reiner.

Untersuchungen über die Geschwindigkeit und Böigkeit des Windes. Die Böigkeit des Windes hat für die Führer der Flugzeuge und Luftschiße größte Wichtigkeit und hat deshalb im Laufe des Krieges immer mehr Beachtung gefunden. *Albert Pepler* (Das Wetter 1918, S. 165 ff.) hat die in Flandern auf der Zeebrügger Mole während des Krieges mit einem Saugeanemographen *Steffens-Hedde* gewonnenen Aufzeichnungen der Geschwindigkeitsschwankungen für den Zeitraum August 1916 bis Januar 1917 einer Untersuchung unterzogen und bemerkenswerte Ergebnisse erzielt. Es wurden aus den Aufzeichnungen durch graphische Interpolation 15-Minutenmittel der Windgeschwindigkeit abgeleitet und hierzu die größten im gleichen Zeitraum beobachteten Amplituden der Windgeschwindigkeit bestimmt. Es ergibt sich, daß die Böigkeit des Windes (*B*) mit der Windstärke (*v*) zunimmt, und zwar besteht die Beziehung

$$v = 2,937 B^{0,719}$$

Qualitativ stimmt dies Ergebnis mit dem von *Barkow* aus Untersuchungen über Turbulenz gewonnenen überein. Infolge der starken Abhängigkeit der

Böigkeit des Windes von der Windgeschwindigkeit zeigt auch die Böigkeit eine tägliche Periode.

Nach obigen Werten ist die Luftbewegung während der Nacht merklich ruhiger als am Tage.

Sehr bemerkenswert ist, daß das Maximum der Böigkeit bereits mittags eintritt, also 2—4 Stunden vor dem Maximum der Windgeschwindigkeit; dies zeigt, daß die Tagesperiode der Böigkeit nicht allein von der

Windgeschwindigkeit abhängt. Nach Elimination der nur von der Windgeschwindigkeit abhängigen Tagesperiode der Böigkeit bleibt noch ein täglicher Gang der Böigkeit mit einer Amplitude von 0,5 m/sec übrig, und zwar ist von 6h V. bis 10h N. die Böigkeit des Windes größer als im Mittel den betreffenden Geschwindigkeiten entspricht, dagegen von 10h N. bis 6h V. kleiner. Es ist also am Tage noch ein Faktor vorhanden, der auf Vergrößerung der Windunruhe hinwirkt, und zwar die Sonnenbestrahlung. Infolge der im Laufe des Vormittags stark zunehmenden Sonnenstrahlung wird die Luftunruhe durch Vertikalströme stark vermehrt, in den Nachmittagsstunden tritt langsam wieder Beruhigung ein.

Es sollte zunächst erwartet werden, daß die Oberfläche, über die die Luft dahingleitet, großen Einfluß auf den Grad der Böigkeit ausübt, daß also von Land kommende Winde böiger wären als von See kommende. Dies ist nicht nachweisbar, jedenfalls ist der Einfluß der Luftdruckverteilung größer. Östliche, also meist antizyklonale Winde sind weniger böig als westliche, die vorwiegend zyklonale sind, und zwar wächst die Unruhe der westlichen Winde im Vergleich mit den östlichen mit zunehmender Windstärke. *Bruno Schulz.*

Milchhygiene. Ein Merkblatt des Landwirtschaftsministeriums der Vereinigten Staaten zeigt, daß es auch dem Durchschnittsbetriebe möglich ist, Milch praktisch vollkommen frei von sichtbarer Verunreinigung und, solange sie frisch ist, mit einem ganz geringen Gehalt an Bakterien zu liefern, wenn er auf drei Dinge achtet: auf den Gebrauch sterilisierter Gefäße, auf rein gehaltene Kühe mit rein gehaltenen Eutern und auf einen Melkeimer mit kleiner Öffnung. Soll die Milch ihren geringen Gehalt an Bakterien eine Zeit lang behalten, so ist ein vierter Faktor notwendig: die Aufrechterhaltung einer Temperatur, die möglichst nahe bei 10° C liegt. Jeder dieser Faktoren trägt etwas dazu bei, die Verunreinigung und den Gehalt an Bakterien einzuschränken. Das zeigen die Ergebnisse von Versuchen, und zwar von Versuchen, die in vielen Fällen in Ställen angestellt worden sind, die man nur als schmutzig bezeichnen kann.

Der Melkeimer mit kleiner Öffnung ist ein Eimer mit einem Deckel, der etwa $\frac{1}{2}$ der Öffnung des Eimers bedeckt. Beim Gebrauch nicht sterilisierter Eimer und ohne andere Vorsichtsmaßregeln ergab der offene Eimer durchschnittlich 497 653 Bakterien pro cm³, während der Eimer mit kleiner Öffnung durchschnittlich 368 214 Bakterien, d. h. 25 % weniger ergab. Sterilisierte Eimer ergaben unter denselben Bedingungen 22 677 und 17 027 Bakterien, eine ungeheure Verbesserung, einfach durch die Vorsicht sterilisierte Gerätschaften zu benutzen. Waschen der Euter und der Zitzen schränkte die Bakterienzahl ungefähr um 50 % ein. Durch die Verbindung aller drei Faktoren war es möglich, Milch mit nur 2–3000 Bakterien pro cm³ zu erzeugen, und zwar selbst auf Farmen, die man nach dem landläufigen Maßstab als sehr unhygienisch betrachten würde. Ein Milcheimer mit kleiner Öffnung kostet wenig mehr als ein gewöhnlicher offener, er beansprucht auch weder mehr Mühe noch Kosten zur Instandhaltung.

Astronomische Mitteilungen.

Die Theorie des Äquatorials wurde in mehreren Arbeiten von W. Gyllenberg in übersichtlicher Weise

neu bearbeitet (Meddel. fr. Lunds astr. obs. Nr. 72, 86, 88). Als Fehlerquellen werden berücksichtigt: die Abweichung der Stundenachse des Instruments von der Erdachse, der Überschuß des von Deklinations- und Stundenachse eingeschlossenen Winkels über 90°, der Kollimationsfehler, die Biegung der Deklinationsachse und des Fernrohrs, die Indexfehler des Stunden- und Deklinationskreises. Durch Zuhilfenahme der Theorie der kleinen Drehungen gelang dem Verfasser eine klare und einfache Ableitung der Einwirkung der einzelnen Fehlerquellen sowohl auf die Kreis- und Mikrometerablesungen als auch auf die photographischen Platten.

Demselben Autor verdanken wir eine statistische Untersuchung der Bewegung und Verteilung der langperiodischen Veränderlichen (L. Medd. Nr. 90). Das Material wurde entnommen dem 56. Band der Harvard-Annalen, wozu noch die in *Hartwigs* Katalog enthaltenen neuen Sterne kamen. Sämtliche untersuchten Sterne gehören den Spektralklassen M und N an. Die Eigenbewegungen lieferten der Boss-Katalog und *Nörlunds* Beobachtungen der Sterne vom IV. Secchischen Typus (Kopenhagen). Die fast normale Verteilung der Perioden dieser Veränderlichen weist darauf hin, daß man es mit einer speziellen Klasse von Sternen zu tun hat. Die statistische Untersuchung nach *Charliers* Methode ergab eine sehr kleine parallaktische Bewegung, große absolute Leuchtkraft (also Riesensterne) und eine größere mittlere Geschwindigkeit in der Vertexrichtung. Aus den großen Distanzen dieser Sterne schließt der Verfasser, daß sie mehr um die Ebene der Milchstraße verteilt sind als die O-, B- und A-Sterne. Wahrscheinlich sind die Riesensterne höherer Temperatur näher um die galaktische Ebene zusammengedrängt als die niedrigerer Temperatur.

Derselbe Autor berichtet in L. Medd. Serie II. Nr. 18 über die Reduktion der astrophotographischen Platten. Die von *Turner* angegebene Methode zur Verwandlung der auf den Platten gemessenen rechtwinkligen Sternkoordinaten in Rektaszension und Deklination, die infolge der angewandten Reihenentwicklung nur für kleine Bereiche des Himmels gültig ist, wird in der erwähnten Abhandlung von *Gyllenberg* durch die Verwendung exakter geschlossener Ausdrücke auf beliebige Bereiche ausgedehnt. Als Fehlerquellen kommen in Betracht: Refraktion, Aberration, Präzession, Nutation, jährliche Parallaxe, Distorsion des Objektivs, ferner diejenigen, welche durch eine ungenaue Adjustierung der Platte hervorgerufen werden, nämlich:

1. Die optische Achse des Fernrohrs geht nicht durch den Mittelpunkt der Platte;
2. der Abstand der Platte vom optischen Zentrum des Objektivs unterscheidet sich ein wenig von der wirklichen Brennweite;
3. das durch ein Netz auf der Platte markierte System von rechtwinkligen Koordinaten schließt einen kleinen Winkel mit den Richtungen der Rektaszension und Deklination des dem Ursprung entsprechenden Sterns ein;
4. die photographische Platte ist ein wenig gegen die zur optischen Achse normale Ebene geneigt.

Den Einfluß dieser Fehler auf die rechtwinkligen und sphärischen Koordinaten des Sterns berechnet der Verfasser teilweise wieder mit Hilfe der Theorie der kleinen Drehungen. *J. Lense.*

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

LIBRARY
RECEIVED
SEP 29 1919

Heft 19.

9. Mai 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Über die physikalische Natur der Valenzkräfte
Von Dr. W. Kossel, München. S. 339.

Wanderheuschrecken und ihre Bekämpfung. Von
Privatdozent Dr. K. Friederichs, Rostock. S. 345.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Roland von Eötvös †. Kupfermerkblatt des
Bureau of Standards. Manganerze. Forschungs-

institut für Fragen der Eisen- und Stahl-
erzeugung. Holztrocknung durch kalte Luft.
Fiebrerrinde. Erzeugung von Weizen bester
Qualität. Die nutzbare Wasserkraft in Island.
Quarzquecksilberlampe. Ein Fall von fast
völliger Empfindungslosigkeit. Mißbrauch der
Vivisektion. Vertikales Wachstum der Bäume.
S. 352-354.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheisswerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung
der

Fabrik Dr. Heilbrun
Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuscripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 86.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt 80 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 60 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

in Pillenform

Prospekt zu Diensten.

ein von der Arztwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik

Zur Einführung in das Verständnis der Relativitäts- und Gravitationstheorie

Von Prof. Dr. **Moritz Schlick**, Rostock

Zweite, stark vermehrte Auflage

Preis M. 5.20*)

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die zweite Auflage dieser Schrift unterscheidet sich von der ersten hauptsächlich durch die Kapitel II und IX, welche ganz neu hinzugekommen sind. Das II. Kapitel enthält eine kurze Darstellung der „Speziellen“ Relativitätstheorie; sie wird gewiß sehr vielen Lesern willkommen sein, denn es ist besser, die Bekanntschaft mit dieser Theorie beim Leser nicht einfach vorauszusetzen, da, wie sich herausgestellt hat, doch viele zu dem Büchlein greifen, die der Materie noch ferner stehen. Die Schrift selbst gewinnt durch die Hinzufügung jenes Kapitels wesentlich an Geschlossenheit, denn sie stellt nunmehr eine Einführung in den *gesamten* Ideenkreis der Relativitätstheorie, der speziellen wie der allgemeinen, dar, und der Anfänger braucht sich den Zugang zu den ersten Elementen nicht mehr auf anderen Wegen zu suchen. Das neu eingeschobene IX. Kapitel darf gleichfalls in dieser Darstellung der Grundgedanken der Relativitätstheorie nicht fehlen; es gibt eine Entwicklung der bedeutsamen Ideen *Einsteins* über den Bau des Kosmos als Ganzes, durch die er seine Theorie vor etwa zwei Jahren krönte, und die für Neuphilosophie und Weltbild von höchster Wichtigkeit sind. Es ist überhaupt der wesentlichste Zweck dieses Büchleins, die in ihm dargestellten naturwissenschaftlichen Lehren in ihrer allgemeinen Bedeutung für unsere Erkenntnis, das heißt in ihrer philosophischen Bedeutung, zu schildern, damit die Relativitäts- und Gravitationstheorie *Einsteins* im Geistesleben der Gegenwart die Rolle spiele, die ihr gebührt. Daß die zweite Auflage der ersten so bald folgen darf, ist mir ein willkommenes Zeichen der Bereitwilligkeit, mit der man die neuen Ideen aufzunehmen und zu verarbeiten strebt. Das Büchlein stellt sich erneut in den Dienst dieses Strebens; möge es mithelfen, daß sein Ziel immer besser erreicht wird!

*) Hierzu 10 0/0 Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIX

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

9. Mai 1919.

Heft 19.

Über die physikalische Natur der Valenzkräfte.

Von Dr. W. Kossel, München.

1. Unter den physikalischen Erscheinungen standen lange Zeit die Valenzkräfte, die die Chemie annehmen muß, um den Zusammenhalt der Atome zu erklären, unverstanden auf der Seite. Trotzdem die Versuche, sie physikalisch einzuordnen, nahezu so alt sind, wie der neuere Atombegriff überhaupt, konnte keiner dauernde und unbestreitbare Vorteile in der Ordnung der chemischen Tatsachen bringen und es blieb das beste, rein deskriptiv das Vorhandensein von „Valenzkräften“ zu konstatieren und rein empirisch einiges Weitere über die Regelmäßigkeiten ihres Wirkens festzustellen. So ist das Strichschema der Kohlenstoffchemie heute allgemein für den Chemiker das adäquateste Mittel, seine Begriffe zu ordnen und zu entwickeln und hat nur in einem Bereich, wo es gar zu unzureichend ist, dem Gebiet der Komplexverbindungen, dem neuerdings aus der Erfahrung gewonnenen Begriff der Koordinationszahlen die Herrschaft zugestehen müssen. Seitdem *Berzelius'* erster großer Anlauf zu einer physikalischen Theorie mißlang, sind derartige empirische Schemata, einige zu merkende Zahlen und einige mehr oder minder formal genommene Polaritätsbegriffe dem Chemiker genügendes Werkzeug geblieben, um sein ungeheures Gebäude damit aufzubauen. Die strukturellen Prinzipien brauchten mit der Ausdehnung ihrer Anwendungen kaum erweitert zu werden, für ihr Wesen selbst ergab sich aus der ständigen Wiederholung ihrer Brauchbarkeit wenig Neues, die Frage der physikalischen Natur dieser immer wieder aufs neue angewandten Gesetze blieb nahezu völlig stehen und auch von physikalischer Seite blieb es bei gelegentlichen Tastversuchen, etwa von der kinetischen Gastheorie aus. Erst als in den neunziger Jahren die physikalische Atomistik neu auflebte, wandte sich das Interesse sehr rasch auch dieser Seite wieder zu, und seit wir in den letzten Jahren begründete Aussicht haben, in den Bau des Atoms selbst mit physikalischen Vorstellungen einzudringen, ist die Frage nach der Darstellung der chemischen Atomkräfte wiederum im stärksten Fluß. Hierüber soll auf freundliche Aufforderung des Herausgebers dieser Zeitschrift dieser Aufsatz einiges berichten.

2. Es kann nicht mehr zweifelhaft sein, daß die definitive Lösung gerade auf die physikalischen Kräfte führt, die der älteste Versuch, der

von *Berzelius*, im Spiele sah, auf die elektrischen. Die Erscheinungen, die auf diesen Gedanken hinleiten, sind bekannt und so hervorstechend, daß an einem engen Zusammenhang der *elektrochemischen* Erscheinungen mit den Tatsachen der Valenzbetätigung nie mehr gezweifelt werden konnte.

Der Gedanke aber, daß die Valenzkräfte selbst geradezu in elektrostatischen Anziehungen beständen, scheiterte in der öffentlichen Meinung daran, daß er sich nicht *allgemein* durchführen ließ. Je mehr die Verbindungsarten, die ihm hartnäckig widerstrebten, in den Vordergrund der Fortentwicklung traten, desto mehr mußte seine Unzulänglichkeit empfunden werden, und in dem Gedränge des Streits über die für die organische Chemie notwendigen Begriffsbildungen, der die Mitte des vorigen Jahrhunderts erfüllte, versank er schließlich ganz.

Man sah weiterhin die elektrochemischen Ladungen als eine Begleiterscheinung an, die die Valenzbetätigung im anorganischen Gebiet zeige, nahm etwa an, daß die Valenzkräfte gelegentlich imstande seien, statt anderer Atome elektrische Ladungen festzuhalten, verließ aber dem Begriff der Valenzkräfte einen ganz selbständigen, von physikalischen und insbesondere elektrischen Vorstellungen gänzlich unabhängigen Charakter, der zudem in dem wenigen, worin man ihn genauer auszugestalten hatte, im wesentlichen von den reichen Erfahrungen auf organischem Gebiet bestimmt wurde. So wurde etwa der Begriff der Einzelkraft, der sich dort leicht aufdrängt, vielfach auf anorganisches Gebiet übertragen, und wenn er sich hier als recht unzulänglich erwies, so hat das vielfach den Eindruck hervorgerufen, als ob die anorganische Chemie verwickeltere und undefiniertere Verhältnisse zeige, die dem klaren idealen Verhalten der organischen weit unterlegen sei, in der das Prototyp musterhaften Valenzverhaltens, der Kohlenstoff, herrsche.

3. Diese Auffassung lehnen wir heute ab. Es ist historisch zwar verständlich, daß, solange die einheitliche Auffassung der Gesamtheit der Elemente nicht vorwärts kam, das Verhalten eines einzigen, das durchsichtig zu sein schien, als Vorbild galt. Dennoch kann, wenn man unbefangen abwägt, schon von vornherein gar kein Zweifel sein, wie das Gewicht der anorganischen und der organischen Argumente gegeneinander abzuschätzen ist, wenn es sich darum handelt, hinter die Natur des *allgemeinen* Verhaltens der Elementaratome zu kommen.

Berzelius kannte etwa 54 Elemente, wir nehmen heute 92 chemisch verschiedene Arten von Elementaratomen an. Jede Art von Valenzbetätigung, die man an ihnen beobachtet, ist als ein Fall für sich zu betrachten, dem dasselbe Gewicht zukommt wie jedem anderen, und da eine Reihe von Atomen mehrerer Valenzstufen fähig ist, besitzen wir etwa zweihundert derartiger Einzelfälle, deren Zusammenhang durch die Gesetzmäßigkeiten des periodischen Systems geregelt wird. Einer unter diesen Hunderten von Fällen ist der des vierwertigen Kohlenstoffs und die reiche Anwendbarkeit dieses einen Falles, für den sich viele Tausende von Beispielen finden lassen, darf uns nicht dazu verleiten, ihm ein auch nur ein wenig höheres Gewicht zuzuschreiben als irgend einem anderen wohl bestätigten, für den man vielleicht nur einzelne Beispiele kennt. Die Begriffe, auf die uns die ganze Mannigfaltigkeit der Elemente führt, die Erfahrungen der anorganischen Chemie müssen uns also bei der Forschung nach dem Wesen der Valenzbetätigung maßgebend sein.

4. In dieser Mannigfaltigkeit tritt nun der Charakter beherrschend hervor, der auf elektrische Vorgänge hinweist. In gesetzmäßigen Zusammenhängen finden sich alle Abstufungen der Valenzfunktion von extremer Polarität bis zu völliger Gleichwertigkeit der Teilnehmer. Abegg, der als einer der ersten modernes Versuchsmaterial nach diesen Gesichtspunkten ordnete und mit aller Klarheit den universellen Charakter des polaren Verhaltens für das anorganische Gebiet erkannte, hat für diese Extreme eine sehr zweckmäßige Bezeichnung eingeführt: er nennt sie *heteropolare* und *homöopolare* Valenzbetätigung. Die heteropolare Betätigung überwiegt nicht nur der Zahl der Verbindungsstufen nach, die diesen Charakter tragen, sondern sie entspricht gerade, wie Abegg besonders betonte, den schärfsten Valenzcharakteren. Von ihr an finden sich nun die verschiedensten Zwischenstufen weniger entschieden polaren Aufbaus bis herab zu solchen, bei denen er sich völlig verbirgt. Als Muster solchen homöopolaren Aufbaues können etwa die Doppelmoleküle der Elementargase dienen, und im Zusammenhang dieser Abstufungen stellt sich die polare Charakterlosigkeit des Kohlenstoffs als ein nahezu singulärer Fall dar. Der gesetzmäßige Valenzverlauf der Nachbar-elemente weist ihm von beiden Seiten her Vierwertigkeit zu — indes sollte diese Vierwertigkeit nach Analogie der ihm vorangehenden Elemente positiv sein, nach Analogie der folgenden negativ. Dazu kommt noch, für eine Reihe wichtiger Anwendungen maßgebend, daß auch die maximale Koordinationszahl, d. h. die höchste Zahl der Atome, die sich an eines dieser Art unmittelbar anlagern lassen, bei ihm (und seinen Nachbarn) gleich vier ist. So kommt eine scheinbare Entscheidung zustande, die eigentlich dem homöopolaren Charakter fremd ist, und da sich dieselben

äußeren Umstände nur noch einmal, nämlich beim Silicium, aber auch nur annähernd, wiederholen, hat der Kohlenstoff eine nahezu einzige Ausnahmestellung, die ihn zwar zu ganz besonderem Reichtum an Verbindungen und Oxydations- und Reduktionsvorgängen von eigenartiger Leichtigkeit befähigt, ihn aber gänzlich ungeeignet macht, zum Wesen der Valenzbetätigung den ersten Eingang finden zu lassen. Wir dürfen freilich hoffen, daß wir später, sobald wir erst an einfacheren Fällen Sicherheit gewonnen haben, aus diesem Fall, in dem die elektrischen Elementarfelder sich nach außenhin meist völlig kompensieren, besonderen Nutzen für das Eindringen in ihre feinere Struktur ziehen werden; — zunächst aber, solange es sich überhaupt nur darum handelt, ob die Valenzkräfte elektrischer Natur sind oder nicht, muß dieser eigenartig komplizierte Fall völlig zurückgestellt werden. Wir haben unsere Aufmerksamkeit zunächst auf das volle periodische System zu richten.

5. Erwägt man diese Sachlage, so erscheint es erstaunlich, daß um so weniger Ausnahmen willen, die zudem nur die Extremfälle einer Stufenleiter unbezweifelbarer Polarität sind, die Berzeliusche Theorie sich nicht zu behaupten vermochte. Hieran war zunächst der historische Umstand schuld, daß bald die Kohlenstoffchemie, in der sich nirgends elektrochemische Erscheinungen als wesentlich aufdrängten, vorwiegend die Kräfte in Anspruch nahm. Vor allem aber war damals für dies Gebiet und ebenso alle anderen homöopolaren Verbindungen, der Gedanke elektrischer Valenzkräfte nicht etwa bloß nichtssagend, sondern es erschien geradezu als hoffnungslos, etwas damit anzufangen. Wollte man etwa H_2 ähnlich auffassen, wie es sich für KCl von selbst aufdrängte, so mußte man den beiden H-Atomen entgegengesetzte Ladungen zuschreiben, um sie aneinander haften zu lassen. Hierfür war im chemischen Verhalten nicht das mindeste Indicium aufzufinden, und selbst als schließlich die Theorie der elektrolytischen Dissoziation die Ladung, die die Elementaratome annehmen, mit größter Schärfe erkennen und messen ließ, mußte sie alle diese schon vorher als symmetrisch aufgebaut erkannten Körper beiseite stehen lassen und bestätigte so, daß ihre Teilnehmer polar nicht zu unterscheiden sind. Es war also sicher verkehrt, ihnen entgegengesetzte Ladungen zuzuschreiben. Berzelius war hier in vielem ohne Zweifel zu weit gegangen. Wie wollte man aber die Bindungskräfte zwischen homöopolaren Atomen elektrisch verstehen, wenn man sie nicht entgegengesetzt aufladen durfte? — Die Hilflosigkeit der elektrischen Theorie diesen Fällen gegenüber, an der sich andauernd nichts änderte, war der Grund, daß man — nach einer Zeit, in der sie dominiert und sich als ordnendes Prinzip glänzend bewährt hatte — ins andere Extrem verfiel und sie gänzlich verwarf.

6. Als *Helmholtz* in seiner berühmten Gedächtnisvorlesung auf *Faraday* die elektrische Valenztheorie aus dem Schlaf eines halben Jahrhunderts wieder erweckte, schuf er auch den Begriff, der dies Problem lösen sollte: den Begriff des elektrischen Bausteins, der klein ist gegen das Atom selbst, den Begriff des *Elektrons*. Er erkannte die Existenz einer elementaren Elektrizitätsmenge bekanntlich aus dem 2. Faradayschen Gesetz; das er so deutete, daß an jeder Valenzeinheit ein elektrisches Elementarquantum auftritt. Nachdem in den neunziger Jahren das Elektron frei beobachtet und festgestellt war, daß seine Masse nur ein kleiner Bruchteil — etwa $\frac{1}{2000}$ — des niedrigsten Atomgewichtes sei, und nachdem man — besonders klar im Zeemaneffekt — erkannt hatte, daß es auch innerhalb des Atoms als Einheit existiert und dieselben Eigenschaften hat, die man frei an ihm beobachtet, ging man sofort daran, sich die Möglichkeit eines Aufbaus des Atoms aus solchen Einheiten klar zu machen und richtete dabei seine Aufmerksamkeit vor allem mit auf die Valenzeigenschaften.

Die prinzipielle Wichtigkeit, die der Begriff des Elektrons gerade für das Problem der homöopolaren elektrischen Bindung hat, liegt darin, daß die elektrischen Kräfte nun nicht mehr notwendig vom Atom als *Ganzen* ausgehend gedacht werden müssen. Die *einzelnen Bausteine* üben bereits bindende Kräfte aufeinander aus, und so ergibt sich die Möglichkeit, daß die Bausteine zweier Atome einander fesseln und so die ganzen Atome zusammenhalten, ohne daß sie die Atome verlassen und damit aufgeladen hätten, oder daß einige Bausteine, symmetrisch angeordnet, eine bindende Brücke zwischen den Atomen bilden. Der allmähliche Übergang von hier zu den nach außen hin polar erscheinenden, in denen also Bausteine entschieden vom einen Atom zum anderen übergetreten sind und die Atome als Ganzes als aufgeladen gelten dürfen, bietet sich weiter mit aller Natürlichkeit.

Als Beispiel führen wir die bisher vollkommenste Lösung eines homöopolaren Modells, das H_2 -Molekül von *Bohr*, an. Nach ihm verbindet hier ein System von zwei Elektronen, die um die Verbindungsachse der Atome kreisen, die positiv zurückgebliebenen Atommassen. Hier ist also ein vollkommen symmetrisches und doch rein elektrisch zusammengehaltenes Modell, und es ist ohne weiteres zu erkennen, daß derartige symmetrische Brücken aus den verschiedensten Elektronenzahlen denkbar und so verschiedene Arten homöopolarer Bindungen darstellbar sind.

Bevor wir indes auf dies neueste Modell und was es an Gedanken über die Valenzkräfte anregt, näher eingehen, betrachten wir einige wesentliche Züge aus der Entwicklung der oben erwähnten, mit der Einführung des Elektronenbegriffs einsetzenden Versuche, Atombau und Valenzeigenschaften mit Hilfe von elektrischen Elementarquanten darzustellen.

7. *Statische Modelle.* Da es von vornherein am nächsten liegt, anzunehmen, daß im normalen ruhenden Atom die Elektrizitätsmengen in Ruhe verharren müßten, sind die ersten genauer durchgearbeiteten Modelle sämtlich statisch. Da die Ladung der einzelnen Elektronen negativ ist, muß im Atom ein Quantum positiver Elektrizität vorhanden sein, das die Gesamtladung der Elektronen gerade kompensiert und so das Atom als Ganzes neutral erscheinen läßt. Demnach lag es am nächsten, für das Atominnere eine Konfiguration dieser elektrischen Ladungen entwerfen zu wollen, in der die beweglichen Teile, die Elektronen, Gleichgewichtslagen finden, in denen sie ruhen. Hier besteht aber eine große prinzipielle Schwierigkeit, bei der wir einen Augenblick verweilen wollen, da sie für die Möglichkeit statischer Modelle ausschlaggebend ist und auch heute noch nicht immer nach ihrem vollen Gewicht bedacht wird.

Es ist nämlich nicht möglich, ein System positiver und negativer Punktladungen anzugeben, das ruhend im Gleichgewicht ist. Um dies zu erkennen, fragen wir uns, welcher Art ein elektrisches Feld sein müßte, in dem ein Elektron in

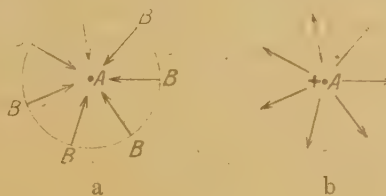


Fig. 1.

stabilem Gleichgewicht liegen könnte. Hierzu ist nötig, daß jede Verrückung des Elektrons eine Kraft auf das Elektron entstehen läßt, die es in die ursprüngliche Lage zurückzuführen strebt. Ruht also das Elektron in einem Punkt *A*, so müssen auf allen Wegen, die das Elektron nehmen kann, um von *A* zu entweichen, Punkte *BBB* liegen, in denen elektrische Feldkräfte herrschen, die es in der Richtung auf *A* hin zu bewegen streben. Bezeichnen wir die Kräfte, die das Elektron an einem Punkt erfährt, durch Pfeile, so ist das Bild in einer Ebene das von der ersten Figur (1a) angezeigte. Auf einen *positiven* Probekörper hingegen würden also in *BB* . . . überall *auswärts* treibende Kräfte ausgeübt werden, und da die Kraft auf einen solchen die Dichte und Richtung der elektrischen Kraftlinien angibt, bemerken wir, daß von *A*, wenn es die stabile Ruhelage eines Elektrons bilden soll, nach *allen* Richtungen elektrische Kraftlinien ausgehen müssen (1b). Das ist aber nur möglich, wenn in *A* selbst eine positive Ladung liegt. Im ladungsfreien Raum können Kraftlinien nicht entstehen oder verschwinden, ihre Quelle ist stets eine Ladung.

So findet man mitunter die Annahme, ein Elektron könne etwa mitten zwischen zwei glei-

chen positiven Ladungen im Gleichgewicht liegen. Hier würde allerdings jede Bewegung von ihrer Verbindungslinie weg eine Kraft erwecken, die das Elektron zurücktreibt, für solche Querverrückungen ist die Ruhelage stabil. Jede Bewegung *auf* der Verbindungslinie aber muß das Elektron sofort vollends in das Kraftfeld derjenigen positiven Ladung stürzen lassen, der es sich genähert hat. Hier ist das Gleichgewicht also labil. Jeder derartige Fall, in dem an der angenommenen Ruhelage keine Ladung liegt, unterliegt eben dem besprochenen Gesetz (dessen mathematische Formulierung bekanntlich die Laplacesche Gleichung heißt), daß Kraftlinien, die in bestimmten Richtungen von dieser Ruhelage fortgehen — und also das Elektron in die Ruhelage zurücktreiben —, von anderen Richtungen her an den betrachteten Punkt eingetreten sein müssen — und also ein Elektron, das sich in einer dieser Richtungen bewegt, von der angenommenen Ruhelage *weiter* wegziehen.

Da auch eine beliebige Superposition von Feldern an dieser Grundeigenschaft der Quellenfreiheit, die durch die Laplacesche Gleichung ausgedrückt wird, nichts ändert, kann ein Elektron ganz allgemein — einerlei, ob in seiner Lage am Atom oder an der Valenzstelle eines fremden — *nur da in stabiler Ruhelage sein, wo eine positive Ladung liegt*.

8. Demnach steht man, wenn man ein ruhendes Modell entwerfen will, vor der Alternative, entweder die rein elektrostatische Natur des Modells aufzugeben, oder die positive Ladung so aufgebaut zu denken, daß sich das Elektron in ihr aufhalten kann, d. h. sie nicht als punktförmige Ladung zu denken, sondern als einen Nebel positiver Ladungsdichte. Den ersten dieser Wege hat J. Stark verfolgt, den zweiten, auf den zuerst W. Thomson hinwies, J. J. Thomson.

J. Stark hat angenommen, daß es Kräfte von uns noch unbekannter Natur gibt, die an den Elektronen angreifen und in Wechselwirkung mit den elektrischen Kräften stabile Gleichgewichtslagen entstehen lassen können. Die außerordentlich lebendige Gestaltung, die er seinen, vielfach ins einzelne ausgeführten Anschauungen zu geben vermochte, hat viel dazu beigetragen, den Gedanken, durch Elektronen Valenz-Kraft-Systeme darzustellen, bekannt und anschaulich zu machen. Systeme unbekannter Kräfte, mit denen man nach Willkür verfahren kann, lassen sich naturgemäß in jedem Einzelfall dem Bedürfnis adaptieren, und so kann man, wenn man um die Stabilität der Ladungen keine Sorge zu tragen braucht, immer Ladungsanordnungen erdenken, die eine Anschauung von den Valenzkräften und den elektrischen und optischen Eigenschaften eines Moleküls geben. Indes fehlt allem diesen das Quantitative und der Zwang gesetzmäßiger Zusammenhänge, der sich doch im periodischen System so unmittelbar als wesentlich aufdrängt.

J. J. Thomsons konkretere Vorstellung, die

er insbesondere für den Spezialfall studierte, daß die Dichte der positiven Ladung im Atom *konstant* ist, ergibt demgegenüber bestimmte Folgerungen über das Gleichgewicht der Elektronen und ihre Ablösbarkeit. Dies Modell besitzt bereits bemerkenswerte Analogien mit der Erfahrung. Indes ist die dafür wesentliche Annahme der *positiven Raumladung*, in der die Elektronen schwimmen, durch eine Entdeckung von Rutherford vollkommen unmöglich geworden.

Rutherford wies nämlich nach, daß α -Teilchen, die ein Atom durchfliegen, dabei mitunter von Kräften angegriffen werden, die so stark sind, daß sie weder von einem einzelnen Elektron noch von einer positiven Raumladung herrühren können. Sie lassen sich aber mit aller Genauigkeit durch die Annahme wiedergeben, die gesamte *positive Ladung* des Atoms sei in *einem Punkt vereint*. Die Größe dieser positiven Ladung erwies sich nämlich gerade so groß, wie die negative aller Elektronen zusammen, von denen man bereits aus den Tatsachen der Röntgenstrahlenstreuung geschlossen hatte, daß ihre Zahl etwa gleich dem halben Atomgewicht sei. Man muß also unweigerlich *diskrete* Ladungen annehmen, und will man verhüten, daß ein solches System entgegengesetzter, einander anziehender Ladungen in einem Punkt zusammensinkt und so als neutraler, unangreifbarer Punkt für die gewohnten Wirkungen der Außenwelt verschwindet, so bleibt nichts übrig, als das statische Modell zu verlassen und, wie bei den kosmischen Systemen einander anziehender Massen, durch eine ständige Fliehkraft der Vereinigung entgegenzuwirken.

9. Man kommt so zum *dynamischen* Modell. Rutherford stellte sich sofort speziell ein Planetensystem vor, in dem die Sonne der positive Punkt ist, der die volle Masse des Atoms enthält und von den Elektronen als Planeten umkreist wird.

Nun ist, da die physikalischen und chemischen Eigenschaften jeder Atomsorte *bestimmt* sind, wie wir etwa an der Schärfe der Spektrallinien erkennen, für jedes einzelne Atom einer Art mit großer Genauigkeit *dieselben* sind, jeder Atomart jedenfalls ein ganz *bestimmter* Aufbau zuzuschreiben. Die *Zahl* der Elektronen ist, wie erwähnt, etwa gleich dem halben Atomgewicht oder, wie wir heute nach v. d. Broek genauer annehmen, gleich der Nummer des Elements im periodischen System. H ist also das Atom mit 1 Elektron, He das mit 2, Li das mit 3 Elektronen . . ., bis hinauf zu Uran, das 92 Elektronen enthält. Außer der gesamten *Zahl* muß aber auch die *Bahn* jedes Elektrons als Planet eine ganz bestimmte sein. Hier fehlt es zunächst an einem bestimmenden Prinzip, denn die Elektrostatik verlangt, da ihr Coulombsches Gesetz von gleicher Form ist, wie das Newtonsche der Gravitation, nur allgemein, daß die Bahnen Keplersche Ellipsen sein müssen, modifiziert

durch die Störungen der Planeten untereinander. Danach könnten sich die Eigenschaften von Atomen, die gleichviel Elektronen enthalten, also zum selben Element gehören, noch aufs weiteste voneinander unterscheiden. Ja, die klassische Elektrodynamik erlaubt sogar nicht einmal, daß bestimmte Bahnen *bestehen* bleiben; denn ein Elektron, das einen positiven Punkt umkreist, ist ein elektrischer Oszillator, der die in ihm enthaltene Energie allmählich ausstrahlt. Während ein materielles Planetensystem vollkommen stationär ist, muß in einem elektrischen der Planet seine kinetische Energie mehr und mehr verlieren, sich mehr und mehr der Sonne nähern und schließlich in sie hineinstürzen. Man ist also auf das dynamische Modell verwiesen, weil es das einzige ist, das mit den gegebenen Bestandteilen stabiles Gleichgewicht verspricht, aber man versteht nicht, wie es haltbar sein kann.

10. Den Gedanken, der diese Spannung löste und damit das Rutherfordsche Modell zum leistungsfähigsten aller bisher erdachten erhob, brachte N. Bohr. Planck hatte erkannt, daß unsere Erfahrungen über die Wärmestrahlung notwendig in dem Gebiet der raschen elektrischen Schwingungen, zu denen Atome fähig sind, Abweichungen von der klassischen, an langsamen Vorgängen entwickelten Elektrodynamik erfordern. Bohr übertrug diese Erkenntnis in origineller Weise so auf das eben betrachtete Problem, daß die Frage der bestimmten und haltbaren Elektronenbahnen und die Eigentümlichkeiten der Wärmestrahlung durch eine Annahme gelöst erscheinen. Er nahm an, die notwendige Abweichung von der gewohnten Elektrodynamik bestehe darin, daß bestimmte Elektronenbahnen (nämlich solche, in denen das Moment der Bewegungsgröße ein ganzzahliges Vielfaches des „Wirkungsquantums“ h ist, das Planck aus den Gesetzen der Wärmestrahlung herausgeschält hatte) *nicht* strahlen, also stationär erhalten bleiben. So dunkel die Einfügung der Quantenvorgänge in die gewohnten Gesetze noch ist, so unbestreitbar ist ihre Notwendigkeit und so glänzend ist der Erfolg gerade dieses Versuchs. Er hat insbesondere die Grundgesetze der Linienspektren — der eigentümlichen Emissionsweise des einzelnen Elementaratoms, die sich bisher der Theorie völlig unzugänglich erwies — für das ganze Gebiet von Schwingungszahlen, deren das Atom fähig zu sein scheint, vom Ultrarot bis zu den Röntgenlinien, mit einer natürlichen Leichtigkeit und Schärfe ergeben, die das größte Zutrauen erweckt. Es kann kein Zweifel mehr sein, daß das Wirkungsquantum nicht nur die Vorgänge am Atom, seinen Energieaustausch, beherrscht, sondern auch geradezu das dimensionierende Prinzip des Atombaus ist.

11. Wir wenden uns nun wieder speziell der Frage zu, was die Vorstellungen, zu denen dies Modell anregt, für die Behandlung der Valenzkräfte zu leisten vermögen. — Wir haben schon oben skiz-

ziert, wie Bohr die homöopolare Bindung des Wasserstoffmoleküls darstellt, und fügen noch hinzu, daß die quantitative Festlegung der Abstände und Bahngrößen durch den Quantenansatz diesem Molekülmodell Eigenschaften zuschreibt, die mit den beobachteten vielfach übereinstimmen. Daß dabei dennoch Abweichungen und Bedenken im einzelnen bestehen, braucht uns hier nicht zu beschäftigen, denn sie berühren nicht die Möglichkeit, auf die es uns ankommt, ein symmetrisches Gebilde, das nach außen keinerlei Polarität zeigt, aufzubauen. — Die nähere Untersuchung des Valenzverhaltens, und zwar gerade auch des entschieden polaren des Elektronenaustauschs, ist aber auch für die Weiterentwicklung des Modells selbst von Wichtigkeit, denn die Neigung zur Elektronenaufnahme und -abgabe muß auf die Stabilität und den Bau der Atome, mindestens ihrer äußeren Teile, schließen lassen. Den Elektronenaufbau solcher Atome, die *mehrere* Elektronen enthalten, klarzustellen, die Wechselwirkung der Elektronen zu begreifen, in der vielleicht noch Prinzipielles steckt, ist heute eine der dringendsten Aufgaben des Modells, von deren Lösung sich zwar wohl einige Grundzüge schon abzeichnen, die aber noch nirgends mit voller Bestimmtheit gelungen ist, für die man sich also aller Indizien versichern muß, die zu haben sind.

Da das Modell jedenfalls anzunehmen hat, daß die Elektronen eines Atoms stets in regelmäßigen Anordnungen, in denen sie sich das Gleichgewicht halten, ihre Bahnen beschreiben, und da ihre stete Bewegung nach außen hin so wirken muß, als verteile sich ihre Ladung gleichförmig über ihre Bahn, so muß das ganze Bohrsche Atom nach außen hin als ein sehr symmetrisches Gebilde wirken, dessen Wirkungen, wenn es Elektronen aufgenommen oder abgegeben hat, in erster Linie von der gesamten Ladung bestimmt wird, die es damit als Ganzes erhielt. Man muß also die Wirkung solcher Ladungsaufnahmen bereits mit hoher Annäherung unter der Annahme untersuchen können, daß die Ladungen völlig isotrop verteilt sind, d. h. daß die resultierende Ladung in den Mittelpunkt fällt.

Eine solche Annahme stellt also eine besonders einfache elektrostatische Valenztheorie der heteropolaren Verbindungen dar, an deren Prüfung deswegen gelegen ist, weil sie, wie wir eben zeigten, gerade das brauchbarste aller bisher gegebenen Atommodelle, das allen anderen an Leistungen weit voransteht, mit umfaßt.

Hier soll ihre Anwendung nur an einigen der wichtigsten Fälle, einigen der geläufigsten Verbindungsarten erläutert werden.

Der Vorgang der Bindung von Atomen, die einzeln gegeben sind, zu einer polaren Verbindung ist danach in zwei Stufen zu betrachten: die erste ist der Elektronenaustausch, der sie auflädt, die zweite die Aneinanderlagerung der Ionen und die für die verschiedenen Arten, sie zu trennen, notwendige

Arbeit, von der die Eigenschaften der Verbindung bestimmt werden.

12. Wir betrachten zunächst die Bedeutung des regelmäßigen Verlaufs der polaren Valenzbetätigung im periodischen System. In einem rechtwinkligen Koordinatensystem tragen wir (Fig. 2) als Abszisse die Nummer des Elements auf, als Ordinate die Zahl von Elektronen, die es enthält. Für den neutralen Zustand ist diese Zahl,

welche Ladung es bei seiner Valenzbetätigung annimmt, etwa das Kalium. Wir wissen, daß es dort mit einer positiven Ladung von einer elementaren Einheit auftritt; das Kaliumion hat also eins von den Elektronen verloren, die das Kaliumatom besitzt. Wir bezeichnen Richtung und Größe dieser charakteristischen Valenzbetätigung in unserer Figur dadurch, daß wir vom Normalzustand einen Pfeil abwärts zeichnen

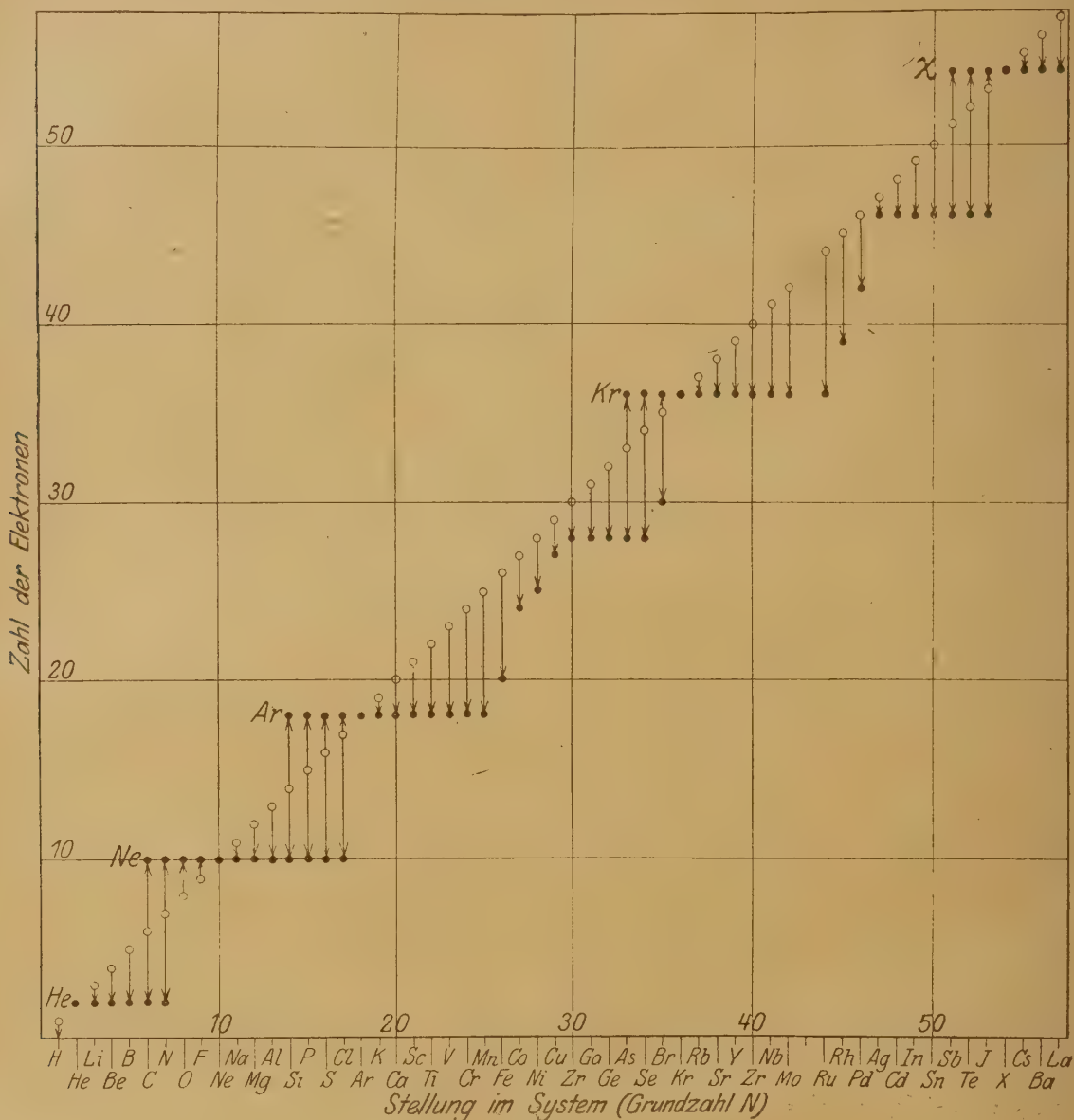


Fig. 2.

wie wir eben sagten, der Nummer des Elements gleich. Der Gesamtverlauf des Elektronengehalts wird also durch eine unter 45° ansteigende Gerade dargestellt. Dieser Normalzustand jedes Elementaratoms ist jeweils durch ein leeres Kreischen dargestellt.

Betrachten wir nun ein Element, bei dem wir in der Elektrolyse direkt beobachten können,

und den Elektronengehalt des Kaliumions mit einem schwarzen Punkt bezeichnen. Das K-Atom enthält 19, das K^+ -Ion 18 Elektronen. In gleicher Weise ermitteln wir den Elektronengehalt des folgenden Elements, des Ca, als Ion; das Ca-Atom enthält 20 Elektronen, erscheint in der Elektrolyse als zweiwertiges Kation, wir haben also den Gehalt für das Ion zwei Einheiten

niedriger als den für das Atom, auf 18, einzuzeichnen. Gehen wir vom Kalium rückwärts, so stoßen wir auf Argon, das von Natur 18 Elektronen hat — also so viele, wie die beiden betrachteten Elemente in ihrer Valenzbetätigung annehmen — und das *chemisch vollkommen inaktiv ist*, also gar keine Neigung zeigt, von diesem Elektronengehalt abzugehen. Wieder um einen Schritt zurück treffen wir das Cl, das elektrochemisch wieder einen ganz ausgesprochenen Charakter hat. Dieser Charakter ist aber entgegengesetzt dem der früher betrachteten Elemente, das Element ist negativ, in der Elektrolyse einwertiges Anion, trägt dort also ein Elektron mehr, als seinem neutralen Zustande entspricht. Demnach ist der Pfeil, der dies Verhalten kennzeichnet, nunmehr aufwärts zu zeichnen und, da das Atom 17 Elektronen enthält, für das Ion wieder ein Gehalt von 18 Elektronen anzugeben. Gehen wir nun nochmals einen Schritt zurück, zum Schwefel, und ermitteln wir den Elektronengehalt des S^{--} -Ions, so erhalten wir wiederum je 18. Fassen wir zusammen, so findet sich, daß die Elemente stark polaren Charakters, die ein Edelgas umgeben, in ihrer Elektrovalenzbetätigung stets die Elektronenzahl dieses Edelgases erreichen.

13. Ehe wir die Bedeutung dieses Ergebnisses für die Theorie der Valenzkräfte untersuchen, orientieren wir uns noch darüber, wie weit es sich ausdehnen läßt. Daß die übrigen im periodischen System jeweils in der Nähe eines Edelgases stehenden Elemente sich ebenso verhalten, wie die hier betrachtete Gruppe, erkennen wir ohne weiteres daraus, daß gerade hier die Elemente analoger Stellung, etwa die Alkalien, in der Elektrovalenz völlig übereinstimmen. Ebenso wie für die Elemente um Argon, gilt der Satz also etwa für die von Sauerstoff bis Magnesium, die den Zustand des Neons anstreben, indem sie jeweils einen Gehalt von 10 annehmen. Hier deutet sich nun schon an einem geläufigen Beispiel an, daß das Gesetz noch weiter auszudehnen ist; das auf Mg folgende 13. Element Al ist als Kation dreiwertig, verliert also drei Elektronen, geht ebenfalls auf die Zahl des Neons zurück. Indes wird die Beobachtung dieses Falles schon durch Hydrolyse schwieriger gemacht, und beim folgenden Element, Si, hat die Bildung wahrnehmbarer Mengen freier elementarer Kationen wiederum aufgehört.

Während so die unmittelbare Beobachtbarkeit der Elektrovalenz untergeht, setzen die maximalen Hauptvalenz-Wertigkeitsstufen das gesetzmäßige Ansteigen von Element zu Element, das bei den Alkalimetallen einsetzt und mit der Elektrovalenz übereinstimmt, hier bekanntlich noch weiter fort; für diese kommt etwa als ganze Reihe folgendes zustande:

die Halogenide: $NaCl$ $MgCl_2$ $AlCl_3$ $SiCl_4$ PCl_5 SF_6 —
die Oxyde: Na_2O MgO Al_2O_3 SiO_2 P_2O_5 SO_3 Cl_2O_7

Wir nehmen nun an, daß alle Glieder dieser

in sich zusammenhängenden Reihe gleicher Art sind, daß also die polare Konstitution, die sich in den ersten Gliedern durch Ionenbildung klar verrät, ihnen allen zukommt — eine Annahme, die uns freilich dazu verpflichtet, später zu begründen, warum die höherwertigen Mitglieder in Wasser weniger und weniger als freie Ionen auftreten. Es soll also jedes Halogenatom in diesen Verbindungen ein fremdes Elektron, jedes Sauerstoffatom zwei aufgenommen haben. Diese Elektronen muß jeweils der positive Teilnehmer der Verbindung hergeben haben, ebenso wie die ersten Glieder der Reihe die Ionen Na^+ , Mg^{++} , Al^{+++} abgeben, sollen die folgenden die Ionen Si^{++++} , P^{+++++} , S^{++++++} und $Cl^{+++++++}$ in sich enthalten. Tragen wir diese Elektronenabgabe auf unserer Tafel ein, so zeigt sich, daß auch diese Elemente in ihrer Valenzfunktion vom Beispiel des Neons beherrscht werden.

Man erkennt ohne weiteres, daß man in ganz analoger Schlußweise die Reihe der negativen Ionenbildner vor dem Edelgas bis zum vierwertigen Kohlenstoff auszudehnen hat, indem man etwa von den Ionenbildenden Wasserstoffverbindungen HF , H_2O zu den gesetzmäßig anschließenden NH_3 , CH_4 fortgeht. Die von Neon beherrschte Reihe erstreckt sich demnach von C bis Cl, d. h. über 12 Elemente. Analog beherrscht das Argon die maximalen Valenzfunktionen vom Si bis zum Mangan, das Krypton vom Germanium bis zum positiv 8-wertigen Ru (RuO_4), d. h. sogar einen Bereich von 13 Stellen. Analoges gilt für Xenon und die Emanationen.

Die Zeichnung, die die maximalen Valenzfunktionen der Elemente bis zum Lanthan in der eben entwickelten Weise darstellt, läßt erkennen, daß neben den Elektronenzahlen der Edelgase noch andere als stabil hervortreten — sie geben zu den sogenannten „Nebenreihen“ des periodischen Systems Anlaß —, daß indes allein die Edelgasformen so ausgezeichnet stabil sind, daß sie zur Aufnahme von Elektronen, d. h. zu negativer Funktion, Anlaß geben. Wir beschränken uns hier in unseren Beispielen auf diesen hervortretendsten Fall.

(Schluß folgt.)

Wanderheuschrecken und ihre Bekämpfung.

Von Privatdozent Dr. K. Friederichs,

Pflanzenpathologe im Reichs-Kolonialdienst.

Das Heuschreckenproblem, wohl die größte Frage des Pflanzenschutzes, ist mehr und mehr aus dem primitiven Stadium der kleinen Mittel in das der planmäßigen Bekämpfung in großem Maßstabe eingetreten. Ist doch der einzelne fast machtlos gegen die oft unvermutet und von fern her kommenden Scharen, die ganze Landstriche verwüsten können. Nur ein organisiertes Zusammenwirken, bei dem zumeist von Staats wegen

die Organisierung und selbst die praktische Durchführung stattfinden muß, kann zum Ziele führen. Kürzlich ist eine umfangreiche Monographie¹⁾ erschienen, welche auf Grund der in der Türkei während des Weltkrieges gemachten Erfahrungen die Plage und ihre Bekämpfung erörtert. Herausgeber ist der Regierungsrat Dr. Bücher, landwirtschaftlicher Referent im Reichskolonialdienst, dem eine Reihe von Mitarbeitern zur Seite standen. Auf Grund dieser Monographie und einiger anderer Literatur möge hier eine kurze Übersicht über die Heuschreckenplage und die Mittel zu ihrer Bekämpfung gegeben werden.

In Anatolien und Syrien handelt es sich um zwei verderbliche Arten. Die eine ist die ägyptische Wanderheuschrecke, *Schistocerca peregrina* Oliv., die in manchen Jahren in ungeheuren geflügelten Scharen aus der Richtung von Ägypten her einwandert. Beheimatet ist sie nicht in der Türkei; zwar gelangen die Schwärme in dem Einfallsbereich zur Fortpflanzung, aber nur eine, höchstens zwei Generationen entwickeln sich im Lande, später verschwinden diese Heuschrecken ganz wieder, da die Lebensverhältnisse dort für sie nicht geeignet sind. Bücher sagt, es wäre von großer Wichtigkeit für die Türkei, wenn in den Ländern, von wo die wandernden Scharen kommen, d. h. im Sudan und in Oberägypten, eine Bekämpfung stattfände; denn dort werde heute noch wenig oder gar nichts dagegen getan, trotz größter Schäden. Wenn darin ein Wandel eintritt, so wird die von dieser Art ausgehende Gefahr für Palästina und Syrien von selbst beseitigt sein.

Stauronotus maroccanus Thunb. dagegen, die marokkanische Wanderheuschrecke, ist in der Türkei einheimisch. Sie ist auch in Nordafrika und Südeuropa weit verbreitet. Bücher gibt Einblicke in die Geschichte ihres Auftretens in Anatolien und Syrien und kommt zu dem Schlusse, daß sie daselbst seit langem einheimisch, daß das zentrale Westanatolien zu den permanenten Verbreitungsgebieten zu rechnen, das Zentrum des Vorkommens aber in den ausgedehnten Steppengebieten zu beiden Seiten des mittleren Euphrat zu suchen ist. Die Biologie dieser Art ist in der genannten Monographie von Dr. W. La Baume ausführlich behandelt. Seine Mitteilungen beziehen sich auf die Lebensweise in Kleinasien. Jedes Weibchen legt nur einmal Eier ab und stirbt dann bald (andere Arten legen wiederholt Eier ab); es entsteht also in jedem Jahre nur eine Generation, da die Entwicklung sich lange

hinzieht, denn die Eier liegen 9 Monate in der Erde und liefern erst im nächsten Frühjahr die neue Generation. Nach Reh (im Handbuch des Pflanzenschutzes gegen Tiere) können Heuschreckeneier bei trockener Witterung auch mehrere Jahre in der Erde ruhen, um erst auszuschlüpfen, wenn ein feuchteres Frühjahr eintritt.

Die Gestalt der Eierpakete ist sehr mannigfaltig. Der Querdurchschnitt ist immer kreisförmig. Das obere Ende ist daran erkennbar, daß es gerade abgestutzt ist. Die Wandung besteht aus einer papierdünnen Schicht, an deren Außenseite Erde, Sand und kleine Steinchen haften, die ihnen eine beträchtliche Festigkeit verleihen. Das oberste Drittel enthält keine Eier, sondern eine schaumige Masse, den „Schaumpfropf“, der, wie die äußere Hülle, aus der „Kittdrüse“ des Weibchens stammt. Das Paket enthält 30–35 Eier, die die ganze Eierzahl eines Weibchens sind.

Das Ausschlüpfen aller Embryonen, ihr Aufsteigen zur Erdoberfläche findet gleichzeitig, vielmehr bei allen unmittelbar nacheinander statt. Die Tierchen können dabei ihre Beine noch nicht gebrauchen, sondern sie schieben sich mit dem ganzen Körper nach oben. Zum Gebrauch ihrer Gliedmaßen gelangt die Larve erst durch die sog. *Embryonalhäutung*, einen Vorgang, über den La Baume unsere Kenntnisse in erwünschter Weise vermehrt. Vosseler sprach noch von der Hülle, welche den aufsteigenden Embryo, allen Teilen seines Körpers dicht anliegend, umgibt, als vom „Amnion“. Es handelt sich aber um eine echte Häutung, die „Abstreifung einer echten, vom Integument abgesonderten und nicht als Eihaut entstandenen Cuticula“ (La Baume).

Die Larve macht weitere fünf Häutungen durch, bis sie zur Imago oder zum Vollkerf wird. Schon im zweiten Stadium treten am Rücken kleine lappenartige Fortsätze, die Anlagen der beiden Flügelpaare, hervor. Auch die äußeren Genitalorgane der beiden Geschlechter sind schon in diesem Stadium deutlich verschieden. Im dritten Stadium lassen die Flügelanlagen bereits Andeutungen der Aderung erkennen. Im vierten haben sie an den Wurzeln eine gelenkartige Einschnürung bekommen, und während sie vorher nach unten gerichtet waren, liegen sie jetzt nach oben zu auf dem Rücken. Im fünften lassen sie die Adern sehr deutlich erkennen und haben sich stark vergrößert. Die nächste Häutung ergibt das geflügelte, erwachsene Tier, dessen Färbung zu dieser Zeit La Baume mit „braunrosa“ bezeichnet. Später ändert sich die Färbung; die alten Tiere sind „leuchtend weißgelb“. Die Dauer jedes Larvenstadiums und damit die Dauer der ganzen postembryonalen Entwicklung ist veränderlich; an einem Eiablageplatz bei Smyrna wurde sie auf 43 Tage festgestellt.

Es wurde schon gesagt, daß der Zeitpunkt des Ausschlüpfens in hohem Maße von klimatischen Faktoren abhängt; im übrigen aber sind sie im

¹⁾ Monographien zur angewandten Entomologie (Beihefte zur Zeitschr. f. angewandte Entomologie) Nr. 3. Die Heuschreckenplage und ihre Bekämpfung. Unter Mitwirkung von Dr. V. Bauer, Dr. G. Brede-mann, Dr. E. Fickendey, Dr. W. La Baume und J. Loag herausgegeben von Dr. H. Bücher, Regierungsrat. 274 Seiten, 11 Karten, 33 Textabbildungen und 42 Abbildungen auf 20 Tafeln. Berlin 1918 (P. Parey). Preis 10 M. und 20 % Teuerungsauflage.

Paket in der Erde wohlgeborgen gegen Sonnenhitze oder Frost, Trockenheit oder Niederschläge. Weit abhängiger vom Klima sind die Larven und geflügelten Heuschrecken. Freilich ist das Klima ihnen im westlichen Kleinasien sehr günstig. Zwar im März und noch im April können sie unter Kälte und Regen leiden, aber ihre ganze übrige Entwicklung, einschließlich der Reifung der Geschlechtsprodukte, fällt in die Trockenzeit. Bevor aber die größte Sommerdürre eintritt, in der die Vegetation verdorrt, ist ihr Lebenskreislauf vollendet. Tritt nun freilich eine ungewöhnliche Witterung ein, was aber in Kleinasien zu den Seltenheiten gehört, so wird sie den Heuschrecken verderblich. Insbesondere lange dauernde Nässe schafft die Bedingungen für Infektionskrankheiten. Davon später.

Die gewöhnliche Fortbewegung der Larven ist das Laufen; nur zur Überwindung von Hindernissen, zur Flucht und — zuletzt aber nicht am wenigsten — beim *Marsch* dient dazu der Sprung. Geflügelte bewegen sich auf dem Erdboden fast nur durch Laufen. Ihr Flugvermögen ist nach *La Baume* von der Windrichtung *unabhängig*. Dagegen ist die Geschwindigkeit des Fliegens freilich von Wind und Wetter abhängig, so auch die Geschwindigkeit des Wanderns der Larven, die bei heißer Witterung besonders groß ist, im übrigen aber abhängt von dem Alter der Larven und vom Zustand der Vegetation. Nicht selten werden sie vom *Hunger* zur Eile angetrieben. Gemessen werden kann die Geschwindigkeit eines Zuges schwer; doch konnte *La Baume* einmal bei Larven des vierten Stadiums vormittags in der Sonne auf spärlich bewachsenem Boden feststellen, daß sie 1 m in der Minute betrug.

Wiewohl nicht sofort nach dem Ausschlüpfen aus dem Ei auf Nahrung angewiesen — selbst ältere Larven und erwachsene Tiere können mehrere Tage ohne Nahrung am Leben bleiben —, beginnen die jungen Heuschrecken doch alsbald zu fressen, und zwar im Prinzip *jegliche* Pflanze; jedoch treffen sie, wenn kein Mangel herrscht, immerhin eine Auswahl. Bevorzugt werden z. B. Gramineen, daher leider auch die Getreidearten, ferner die Pferdebohne (*Vicia faba*). Die Futterwicke dagegen pflegt verschmäht zu werden, ebenso der kultivierte Mohn u. a. Die Giftpflanze *Peganum harmala* wurde, wie *Bücher* feststellte, abgefressen, obgleich dies den Tod der Tiere zur Folge hatte, die in Menge tot dabeilagen. Allerdings bestand die ganze Pflanzendecke an jener Stelle fast ausschließlich aus dieser Pflanze, die Heuschrecken hatten also keine Wahl. — In erster Linie wird alles *dicht am Boden* Befindliche abgefressen, in Getreidefeldern nehmen die Tiere sich nicht Zeit, auf die hohen Halme hinaufzu steigen, es sei denn, daß der Schwarm *ruht*. Geflügelte Heuschrecken freilich halten sich zuerst an die Ähren.

Auch bei dieser Art *zirpt* das Männchen, und zwar, wie es die Weise der Aridier ist, indem

es die Innenseite der Hinterschenkel an den Flügeldecken reibt; der Ton ist nicht sehr laut, er ertönt, wenn es warm ist, bis spät in die Nacht. Im allgemeinen Ausdruck sexueller Erregung und bestimmt, das Weibchen anzulocken, kann der Zirplaut doch auch Erregungen anderer Art ausdrücken, z. B. wenn mehrere Männchen sich um einen Leckerbissen streiten. Er wird dann kürzer, kräftiger und schriller als sonst erzeugt.

Die *Reifung der Geschlechtsprodukte* erfolgt beim Männchen schneller als beim Weibchen. Wahrscheinlich ist der Same schon unmittelbar nach der letzten Häutung reif, doch ist diese Frage noch nicht genügend geklärt. Beim jungen Weibchen ist das Ovarium kaum so groß wie ein Stecknadelknopf, und es vergehen, bis es ausgewachsen ist, vier Wochen. Dann aber werden alsbald die Eier abgelegt, und das Absterben des Tieres erfolgt, so daß also auch die Dauer des Lebens der geflügelten weiblichen *Stauronotusheuschrecke* vier Wochen dauert. Die Begattung ist lange vor dem Ablegen der Eier erfolgt. *Vosseler* erblickt die Ursache des späten Reifens der Eierstöcke darin, daß die Larve die hierzu nötigen Reservestoffe selbst für ihre Entwicklung verbraucht und nicht aufspeichern kann. Die frische geflügelte Heuschrecke enthält fast gar kein Fett, der Fettkörper wird vielmehr erst während des Lebens als Imago hinreichend ausgebildet. — Die Männchen sterben nach der Begattung nicht sofort ab, sondern leben noch wochenlang, ihre Lebensdauer ist nicht kürzer als die der Weibchen. Diese erfahren *nach* der Eiablage nochmals eine Begattung! Der Begattungstrieb der Männchen, deren Zahl größer zu sein pflegt als die der Weibchen, wird von *La Baume* als äußerst heftig geschildert, auch erwähnt, daß mehrfach Versuche zur Begattung von Weibchen anderer Arten beobachtet wurden (*Caloptenus italicus* und *Pachytilus nigrofasciatus*).

Wenn die Zeit der Eiablage da ist, tritt eine merkwürdige Veränderung des Geschmacks der Heuschrecken ein. Sie setzen sich jetzt gern auf Ödland fest, wo um diese Jahreszeit schon alle Vegetation verdorrt zu sein pflegt. Hier fressen sie gerade die vollständig trockenen, strohigen Pflanzenteile, daneben ihre toten Artgenossen, Kuhmist und anderes, was sie sonst nicht annehmen würden, verschmähen dagegen grüne Pflanzentriebe, nehmen jetzt auch Wasser am Rande von Gewässern auf.

Das Gelände, wo sie gemeinschaftlich die Eier ablegen, wählt der *ganze Schwarm* aus, sei es, daß der Schwarm geschlossen ihn aufsucht oder daß die Weibchen sich daselbst aus der Umgegend ansammeln. Da Ödland und Brachland im Hochsommer von weitem an ihrer braunen Färbung erkennbar sind, so leitet die Heuschrecken vermutlich der Gesichtssinn. Der Boden wird mit dem Hinterleibsende betastet, und Grabversuche

werden gemacht; ist er ungeeignet, so ziehen die Heuschrecken weiter.

„Man bemerkt auf den Eiablageplätzen erstens zahlreiche einzelne Männchen, zweitens eierlegende Weibchen, um die mehrere Männchen radial angeordnet herumsitzen, drittens Ansammlungen von Männchen, die sich auf dem Rücken eines eierlegenden Weibchens miteinander streiten, und viertens Paare in Kopulationsstellung, darunter oft Weibchen mit zwei Männchen auf dem Rücken: So bietet der Eiablageplatz ein außerordentlich mannigfaches und belebtes Bild dar.“ (*La Baume*.)

Nur fester, bindiger Boden ist für das Ablegen der Eier geeignet, weil das Muttertier sich dazu mit dem Hinterleib in den Boden einwühlen muß. Sand oder Humusboden würde dabei den Grabzangen des Abdomens nicht genügend Widerstand bieten, ein Eingraben in hinreichende Tiefe nicht möglich sein. Geeignete Plätze sind in Kleinasien vor allem die Hügel und Vorberge. Die *fortschreitende Entwaldung* daselbst hat sehr viele den Heuschrecken günstige Plätze geschaffen und somit viel zum Anwachsen der Heuschreckenplage beigetragen.

Das interessanteste Kapitel der Biologie der Heuschrecken sind sicherlich ihre Wanderzüge. Die klaren Ausführungen *La Baumes* werfen viel Licht darauf. *Zustande kommt* die Wanderung durch drei Faktoren: Ein ausgesprochener *Geselligkeitstrieb* macht sich schon in der ersten Zeit des Larvenlebens bemerkbar. Schon am Ende der ersten Woche ihres Lebens beginnen sie, sich zunächst einzeln, nicht in geschlossener Masse, aber alle in der gleichen Richtung, von dem Eiablageplatz zu entfernen. Bald wird die sogenannte *Front* gebildet, die scharf abgesetzte, sich vorwärts schiebende vordere Grenze des Larvenzuges, der hier sehr dicht, nach hinten zu dünner ist. Manche Beobachtungsfälle lassen ferner auf einen *Nachahmungstrieb* schließen. Endlich ist oft eine *Massenpsyche* unverkennbar, indem *seelische Erregungen*, etwa durch äußere Störungen veranlaßt, sich deutlich innerhalb des Zuges fortpflanzen; die entstehende Beunruhigung ergreift besonders an der Front nach und nach die ganze Breite, so daß von weitem das Bild einer am Ufer entlanglaufenden Welle entsteht. Die Wanderzüge können einen oder selbst viele Kilometer breit sein.

Die schwierigste und wichtigste Frage ist offenbar, wodurch die *Richtung* des Wanderzuges gegeben wird. Die Beobachtung hat ergeben, daß im Gebirge die Wanderung im allgemeinen *bergab* erfolgt. Dabei wurde mehrfach festgestellt, daß *mehrere Züge, die an ein und demselben Orte entstanden waren, unter genau gleichen Bedingungen nach entgegengesetzten Richtungen wanderten*. Somit hatten Witterungseinflüsse keinerlei Einfluß auf die Richtung. Alle Züge streben bergab und vereinigen sich mehr und mehr zu immer größeren Kolonnen. Vielleicht werden die

Hüpfer „bei Beginn ihrer Wanderung instinktiv in diejenige Richtung gedrängt, in welcher sie ihren Marsch mit geringstem Kräfteaufwand ausführen können“ (*Bauer*).

Wenn also in hügeligem Gelände das Gefälle die Richtung der Wanderung allein bestimmt, so müßte man erwarten, daß in der Ebene die Wahl der einzuschlagenden Richtung ganz regellos erfolgt. Nach *Bredemanns* Beobachtungen war in den meilenweit ausgedehnten Ebenen Nordsyriens in der Tat keinerlei gemeinsame Richtung zu erkennen. In den Ebenen Anatoliens hatte es nach *La Baume* in den wenigen Beobachtungsfällen den Anschein, als ob die Wanderung hauptsächlich dahin ging, wo reichliche Vegetation viel Nahrung gewährleistete.

Die einmal eingeschlagene Richtung aber wird in der Regel für längere Zeit, meistens sogar für die ganze Dauer des Larvenlebens, festgehalten, wenn auch nicht immer genau. Dies ist für die Bekämpfung sehr wichtig, wie sich bei Darstellung der Methoden zeigen wird. — In *geschlossene Wälder* dringen die wandernden Heuschrecken nicht ein; ein Bach oder Fluß ist ihnen kein unüberwindliches Hindernis. Wenn auch von der Strömung hinweggetrieben, erreichen die meisten früher oder später das andere Ufer.

Die größte *Gesamtstrecke*, die *Büchers* Kenntnis zufolge ein Larvenzug zurückgelegt hat, ist 5 Kilometer. *Fickendey* aber hat in sehr unfruchtbaren Gegenden Anatoliens als Gesamtstrecke bis zu 20 Kilometer ermittelt. Wenn das Gelände eine üppige Vegetation trägt, so daß die Hüpfer reichliche und gute Nahrung finden, so schreitet die Front täglich nur einige Meter weiter vor.

Wenn dann im Anfang der siebenten Woche die ersten Larven ihre Flügel erhalten und damit zu erwachsenen Tieren geworden sind, bei denen nur die Geschlechtsorgane, wenigstens wenn es Weibchen sind, noch erst reifen müssen, dann verändern diese zunächst ihr Verhalten im Wanderzuge in keiner Weise. Sie wandern zu Fuß wie bisher, nur gelegentlich einmal, um einer Gefahr zu entgehen, entfalten sie im Sprunge die Flügel, aber zum Fluge selbst fehlt es ihrer Flügelmuskulatur noch an kräftiger Ausbildung. Darin ändert sich zunächst auch dann nichts, wenn bereits alle Larven mit Flügeln versehen sind, sondern die Wanderung wird laufend und springend fortgesetzt. 10—12 Tage nach dem Erscheinen der ersten Geflügelten fangen die Massen an, sich zu begatten. Am 15. Tage beobachtete *La Baume* den ersten *Flug*, zunächst nur ein planloses, versuchsweises Umherfliegen einzelner, das aber dann andere zur Nachahmung veranlaßte. Da aber die Schwärme sich immer aus Tieren verschiedenen Alters zusammensetzten, so dauern alle die aufeinander folgenden Lebensvorgänge, wie Reifung, Begattung, Eierlegen usw. innerhalb des Schwarms längere Zeit an.

Derjenige Schwarm, an dem *La Baume* die phänologischen Daten feststellte, vermischte sich um diese Zeit mit einem Schwarm bereits geflügelter Heuschrecken, wodurch die Beobachtung gestört wurde. Doch ist festgestellt, daß der erstere Schwarm nach dem Auftreten der ersten Vollreife noch drei Wochen lang an seiner Stelle verblieb. Es ist anzunehmen, daß dieser Zeitraum stets nicht unter 14 Tagen beträgt, da die jüngeren Larven erst ebenfalls heranwachsen müssen. Wenn es dann soweit ist, so wandert der Schwarm zuerst wochenlang unstedt umher, wobei die Ebenen bevorzugt werden, weil daselbst noch genügend Nahrung zu finden ist, während Hügel und Berge bereits dürr sind. Aus zahlreichen Beobachtungen geht hervor, daß diese Flüge vorwiegend dem Winde entgegen erfolgten, wobei der Zug aber nur langsam vorwärts kommt. Flüge auf weite Entfernung sind zweifellos nur mit dem Winde möglich.

Frühestens vier Wochen, nachdem die ersten Geflügelten aufgetreten waren, sind bei der Mehrzahl der Weibchen die Ovarien reif, und es beginnt das Suchen nach einem gemeinschaftlichen Platze zum Ablegen der Eier, und sicherlich ist dieses Streben jetzt die Triebkraft der Wanderungen.

Von der Frage nach den unmittelbaren Ursachen des Zustandekommens einer Wanderung und nach den die Richtung gebenden Faktoren ist zu unterscheiden diejenige nach den inneren Ursachen und der Entstehung des Wandertriebes. *La Baume* betont das Hypothetische seiner Äußerungen darüber und sagt, daß die Abhängigkeit von äußeren Einflüssen noch bei weitem nicht genügend untersucht sei; es sei ein Ding der Unmöglichkeit für ihn als einzelnen gewesen, im Laufe eines Jahres die gesamte Biologie vollständig zu erforschen, worin man ihm gewiß Recht geben muß. Er hat aber erstaunlich Vieles und Genaueres im Laufe dieses einen Jahres festgestellt, wie Ref. hinzusetzen möchte.

Die hypothetische Auffassung der Entstehung des Wandertriebes ist folgende: Der Beweggrund für die Wanderung ist der Hunger. Vereinigung zu größeren Gesellschaften ist vorausgegangen. Diese aber hat notwendig die Wanderung zur Folge, weil, wo viele Tiere gleicher Art zusammen fressen, die Nahrung bald knapp werden muß. Bei Herdentieren reicht nun der Instinkt des Hungers allein nicht aus, das Bestehen der Art zu sichern. Denn, während ein einzelnes Tier nach erfolgter Sättigung das Wiederauftreten des Hungers abwarten kann, muß eine große Gesellschaft von Tieren rechtzeitig vorsorgen, daß für alle rechtzeitig wieder genügend Nahrung zu finden sei. „Unter dem Zwange solcher durch das Zusammenleben in großen Massen bedingter Verhältnisse hat sich als ein besonderer Instinkt der Wandertrieb herausgebildet, der die Heuschrecken veranlaßt, die Fraßstelle stets eher zu verlassen, als die absolute Notwendigkeit hierzu eintritt.

und der die Erhaltung des Lebens und damit die der Art trotz den durch die Massenbildung hervorgerufenen Schwierigkeiten der Ernährung sichert.“ Es handelt sich also um „eine durch Massenanhäufung bedingte Änderung des Triebes zur Nahrungssuche“.

Im letzten Abschnitt des Lebens der Heuschrecke aber tritt ein anderes Motiv in den Vordergrund: Die Sorge um die Nachkommenschaft. Dann werden die besten Futterplätze verlassen und dürr, öde Strecken aufgesucht, wo während des oft wochenlang dauernden Aufenthaltes daselbst nur ganz verdorrte Vegetation zur Verfügung steht — weil dicht und üppig bewachsener Boden zum Eingraben der Eier nicht geeignet wäre. Die Vererbung mag dann aus dieser Not eine Tugend gemacht, die gesamte Physiologie der Heuschrecken in diesem Abschnitt ihres Lebens verändert haben, dergestalt, daß ihre Geschmacksrichtung sich verändert, und sie aufhören, Grün zu fressen, und damit auch unmittelbar Schaden anzurichten.

Die Heuschrecken haben viele natürliche Feinde — aber, während bei manchen anderen Schadinsekten es bereits möglich gewesen ist, diesen biologischen Faktor zu ihrer Bekämpfung nutzbar zu machen, ist das bei Heuschrecken bisher kaum der Fall gewesen, und auch die Erfahrungen in der Türkei haben darin keine Änderung gebracht. *D'Herelles Coccobacillus acridorum* zwar ist, das kann heute als gesichert gelten, pathogen für Heuschrecken, und kann, unter bestimmten Voraussetzungen, mit Erfolg zur Verbreitung einer Seuche unter ihnen angewendet werden; aber diese Voraussetzungen sind solche, daß man es nicht in der Hand hat, sie herbeizuführen, wie feuchte Witterung und eine infolge derselben eintretende Schwächung der Heuschrecken, die sie für Krankheiten empfänglich macht. Überdies kann dieses Verfahren schwerlich den Vergleich aushalten mit den sicher wirkenden mechanischen Mitteln und kann sie keineswegs ersetzen¹⁾. Übrigens ist gerade *Stauronotus maroccanus* natürlichen, spontanen Erkrankungen sehr ausgesetzt, wenn ungünstige Lebensverhältnisse eintreten, und solche können dann eine vernichtende Wirkung ausüben, ohne daß es dazu eines Anstoßes von seiten des Menschen bedürfte²⁾.

Wichtige tierische Feinde sind manche Vögel, Krähen, die einen Eiablageplatz entdeckt haben, durchsuchen mit ihrem kräftigen Schnabel den Erdboden nach Eierpaketen. Den Schwärmen

¹⁾ Vgl. die Veröffentlichungen von *Béquet, Musso* und *Sergent* (1915), von *Velu* und *Bovin* (1915) und von *Velu* (1916) im Bull. Soc. Path. Exot. (Paris).

²⁾ So auch bei anderen Heuschrecken. Z. B. berichtet *Rutgers* (in Meded. Labor. Plantenziekten, Batavia 1916) von einer durch den Pilz *Metarrhizium anisopliae* im Gefolge starker Regenfälle im Januar 1916 in Mitteljava bei den Heuschrecken der Spezies *Cyrtacanthacris nigricornis* eingetretenen Seuche, durch welche dieselben innerhalb weniger Wochen fast völlig verschwanden.

oder Larvenzügen folgen nicht selten Ansammlungen von Vögeln mehrerer Arten, die man als *Heuschreckenvögel* zusammenfaßt. In Anatolien sind es: *Schwalben*, *Falken*, *Staare*, *Rosenstaare* und *Störche*.

Parasitische und räuberische *Insekten* stellen vor allem den *Eiern* nach. Abgesehen von *Käfern* aus der Familie der Meloiden, die zuweilen in die Eierpakete eindringen und halb parasitisch darin leben, sind es *Fliegen*, *Bombyliden*, von denen aber bisher nur eine Art, *Calostoma fascipenne* Macq., genauer beobachtet worden ist. Ihre Eier setzt sie vermutlich einzeln auf den Erdboden ab, und die daraus hervorgehenden Larven bohren sich in die Erde ein, wo sie außer von anderer, unbekannter Nahrung auch von den *Stauronotus*-eiern leben. In manchen Gegenden sind 30 bis 50 % der Eierpakete von solchen Fliegenmaden befallen. Auch eine *Muscide* lebt in Eierpaketen, und zwar als *Parasit*, eine andere als solcher in den Heuschrecken selbst, d. h. die Maden entwickeln sich im Körper der lebenden Heuschrecke. Sie verlassen die Heuschrecke, deren Tod dann eintritt, zur Verwandlung in die Puppe und Fliege zwar nicht früher, als deren Leben normalerweise abgelaufen wäre, aber die von ihnen befallenen Heuschrecken, meist Weibchen, produzieren keine Eier.

Es war so viel über die Biologie zu berichten, daß es notwendig ist, die Methoden zur mechanischen Bekämpfung kurz darzustellen; der interessierte Leser wird darüber in dem Bücher-schen Werke selbst nachlesen. Gassner hat 1909 über die Bekämpfung in Uruguay¹⁾ Mitteilungen gemacht. Dort handelt es sich um Schwärme, die von außen her, vor allem aus dem nördlichen Argentinien, eindringen; in Uruguay selbst können sie sich nicht auf die Dauer halten, da das Klima dort zu kalt für sie ist. Wiewohl die fliegenden Heuschrecken, die „voladora“, oft in wolkenartigen Schwärmen kommen, so ist der Schaden, den diese anrichten, doch im allgemeinen nicht sehr groß. Den Hauptschaden richten vielmehr erst später die im Lande selbst entstehenden Nachkommen an. Die Bekämpfung richtet sich daselbst wie überall:

1. gegen die ankommenden fliegenden Schwärme.
2. gegen die abgelegten Eier,
3. gegen die Hüpfer und
4. gegen die zweite „voladora“.

Gegen die *voladora* geht man auf nicht zu großen Flächen mit Erfolg vor, indem man in den ersten Morgenstunden, wenn die Heuschrecken noch klamm von der Nachtkühle fast unbeweglich in Haufen am Boden und sonstwo sitzen, dieselben einfach totschießt. Im übrigen sucht ein jeder sein eigenes Feld durch Verscheuchen der Heuschrecken zu schützen durch

fortgesetzte Beunruhigung derselben, Lärm mit Blechgeräten usw.

Die Eier werden am besten durch Umpflügen des damit belegten Geländes vernichtet. Aber es gibt viele Strecken, wo dies aus wirtschaftlichen Gründen nicht durchgeführt werden kann. Die Scharen der Hüpfer werden in Uruguay zu meist durch Verbrennen abgetötet, indem man Stroh darüber wirft, es mit Petroleum übergießt und entzündet. Auch chemische Mittel, verseifte Petroleumlösungen oder Kreolinlösungen, kommen wenigstens gegen junge Hüpfer in Anwendung.

Ortschaften schützen sich oft gegen die heranrückenden Scharen, indem die zu schützenden Grundstücke mit niedrigen Wellblechzäunen umstellt werden. Vor den Zäunen werden in Abständen Gruben angebracht, in welche die daran entlang wandernden Massen hineinfallen; oft werden sie auch hineingetrieben. — Die Heuschreckebekämpfung ist in Uruguay, wie heute in vielen Ländern, staatlich organisiert.

Auch in der Türkei beruhte der bedeutende Erfolg der Bekämpfung auf der Schaffung einer vielverzweigten Organisation, durch welche die Bevölkerung im Interesse der Sicherstellung der Ernährung mehr und mehr zu intensiver Bekämpfungsarbeit herangezogen wurde. Die dabei gewonnenen Erfahrungen wurden von den deutschen Sachverständigen zur Vervollkommenung der Methoden benutzt.

Zu wirksamer Bekämpfung der Heuschrecken ist die Anwendung verschiedener Mittel nebeneinander erforderlich; die Auswahl der Mittel im einzelnen Falle hängt von den Umständen, insbesondere der Beschaffenheit des Landes und natürlich von dem Stadium, in dem sich die Schädlinge befinden, ab.

Die Eier werden im einfachsten Falle mit der Hand gesammelt, nachdem der Boden aufgehackt worden ist. Zweckmäßiger ist das Hacken der Brutstätten ohne nachfolgendes Sammeln. Die Eierpakete werden dabei teils verletzt oder zerquetscht, teils gehen sie durch Witterungseinflüsse und die sich ansammelnden Vögel zugrunde. Wo es angängig ist, kann an Stelle des Hackens das Umpflügen treten. Die Wirkung auf die Eier ist die gleiche wie beim Hacken, außerdem schlemmt auf dem gepflügten Felde der Regen Bodenteilchen zusammen, so daß eine harte Kruste entsteht, welche die ausschlüpfenden Larven im Frühjahr (das Pflügen muß im Herbst oder Winter erfolgen) nicht zu durchbrechen vermögen. Eine solches Feld wird überdies im nächsten Jahre von den Heuschrecken nicht als Brutplatz benutzt, da die rauhe Furche sie abschreckt.

Gegen die Hüpfer richten sich erstens die alten, in der Türkei einheimischen Treibverfahren. Entweder wird ein Kesseltreiben oder ein Spiraltreiben veranstaltet. In beiden Fällen hat man das Bestreben, die Larven auf einen engen Raum zusammenzutreiben, um sie dort zu

¹⁾ G. Gassner, Heuschreckeneinfälle und ihre Bekämpfung in Uruguay. „Süd- und Mittel-Amerika“, Halbmonatsschrift, Berlin, Hermann Paetel (1909).

vernichten. Das Spiraltreiben ist das wirksamere, da die Heuschrecken gern *seitwärts* ausweichen, eine Neigung, der das Spiraltreiben Rechnung trägt. Die Vernichtung der Tiere erfolgt vielfach durch Zertrampeln oder Totschlagen mit belaubten Zweigen; dabei retten sich viele Hüpfer durch die Flucht; auch ist es zu zeitraubend. Besser ist das Hineintreiben in Gruben; auf steinigem Gelände aber treibt man die Larven statt dessen auf *Tücher*, *Tscharschafs* genannt, die 3 m breit und 5 m lang sind. An einem Schlitz im Mittelpunkt ist ein Sack angenäht. Die *Tscharschafs* sind von dunkler Farbe, da die Heuschrecken sich auf ein weißes Tuch nur mit großem Widerstreben treiben lassen.

Zu diesem Verfahren gehören reichlich viel Arbeitskräfte; auch können sie nur gegen kleinere Heuschreckenzüge zur Anwendung kommen, sind auch nach *Bücher* meist nur unvollkommen in der Wirkung. Es scheint in der Türkei bisher nicht üblich gewesen zu sein, die Hüpfer gegen sogen. *cyprische Wände* zu treiben, eine 1862 von dem cyprischen Grundbesitzer *A. Mattei* erfundene Methode, die später in anderen Ländern übernommen und verbessert worden ist. Dabei wird den Hüpfern eine Wand aus Leinwand im Winkel entgegengestellt, an der entlang Gruben angebracht sind, in die sie hineingetrieben werden. Auf den Philippinen werden, wie ich aus *Rehs* Handbuch entnehme, die Zuckerrohrfelder mit auf den Kopf gestellten Bananen umgeben, an denen die Hüpfer entlang wandern, worauf sie dann in die an den Ecken befindlichen Gruben hineinfallen.

In der Türkei ist unter *Büchers* Leitung das Prinzip, den Heuschrecken vermittelt einer Wand den Weg abzuschneiden, in erster Linie und in sehr großem Maßstabe angewendet worden, und zwar in der Gestalt der *Zinkmethode*. Zinkwände, Wellblechplatten, sind seit langem in vielen Ländern bei der Heuschreckebekämpfung in Gebrauch, aber während man anderswo die Heuschrecken dagegen treibt, ist das Verfahren jetzt in der Türkei vervollkommenet, ja man kann sagen eine neue Methode geschaffen worden in der Weise, daß man die Zinkwand *selbsttätig* wirken läßt. Man errichtet quer zu der Richtung, in der ein Zug wandernder Hüpfer heranzieht, eine aus ca. 30 cm hohen Zinkplatten bestehende Wand und verlegt ihnen so den Weg, denn überspringen können sie diese Wand nicht, auch nicht daran hochklettern. Sie wenden sich daher nach der Seite und wandern an der Wand entlang. An dieser sind aber in gewissen Zwischenräumen Fallgruben angebracht, in die sie hineinfallen. Jegliches Treiben und Scheuchen ist dabei überflüssig oder gar schädlich, und während bei dem Treibverfahren wohl immer ein mehr oder weniger beträchtlicher Teil der Tiere entwischt, können sie bei sachgemäßer Anwendung der Zinkmethode fast restlos eingefangen werden. Es bedarf aber dazu einer größeren Zahl von Arbeitern,

die von geschultem Personal beaufsichtigt werden und die, schreibt *Bücher*, „wie der Soldat im Felde, einem Führer auf das Wort gehorchen müssen“. Auch ist es natürlich nicht mit zwei oder drei Zinkplatten getan. Das Personal wurde in für die Vernichtung von Heuschreckenzügen normaler Größe ausreichende „Kolonnen“ eingeteilt, und die von einer Kolonne benötigten Gerätschaften bildeten einen „Zinkapparat“. Dazu gehören 1500 Platten, jede von 2 m Länge. Alle technischen Einzelheiten nebst Modifikationen, die unter bestimmten Verhältnissen nötig werden, sind in *Büchers* Monographie angegeben.

Auch mit chemischen Mitteln wurde vorgegangen. Als *Kontaktgift* hat eine 2-prozentige Seifenlösung gedient, wenn es sich um Hüpfer des ersten Stadiums handelte, und diese konnten damit getötet werden; aber von der Anwendung wird abgeraten, da zur vollständigen Wirkung jedes einzelne Tier von der Lösung getroffen werden muß, die mit Druckspritzen oder Gießkannen über den Zug verteilt wird. Da es nicht möglich ist, alle zu treffen, retten sich viele. Von den *innerlich wirkenden Giften* wird am meisten empfohlen „*Urania*“, eine von der Chemischen Fabrik in Schweinfurt hergestellte verbesserte Form des Schweinfurter Grüns, dem gegenüber es vielerlei Vorzüge besitzt, die hauptsächlich auf seiner Unlöslichkeit beruhen. Es wird entweder auf die dem Wanderzug voraussichtlich zur Nahrung dienenden Pflanzen gespritzt, also vor dem wandernden Zuge darauf gebracht und ist besonders nützlich, wo eine dichte, ziemlich lückenlose Vegetation den Boden bedeckt. Die andere Art der Anwendung besteht in dem Auslegen von Giftködern. Als Köder kann z. B. Luzerne — eine Lieblingsspeise der Heuschrecken — dienen, die in eine 1-proz. Aufschwemmung von *Urania* getaucht und zwischen den Heuschrecken ausgestreut wird. Diese kämpfen förmlich um dieses Futter. Andere Lockspeisen sind Kleie, Mist, Häcksel, Sägemehl und Treber. Der Erfolg ist um so sicherer, je älter und hungrier die Tiere sind. Während das Spritzen in dichter Vegetation zu empfehlen ist, kommen für das Ködern naturgemäß Plätze mit spärlicherer Vegetation in Betracht. Der Erfolg kann besonders bei älteren, hungrigen Zügen ein vollständiger bei einmaliger Anwendung sein. *Bücher* gibt mancherlei praktische Winke. Die Giftverfahren haben gegenüber dem Treibverfahren den Vorzug, daß weniger Arbeiter dazu benötigt werden. Andererseits sind sie kostspieliger.

Auch wenn die Heuschrecken bereits geflügelt sind, kann Gift gegen sie angewendet werden, besonders, wenn sie in bebaute Felder bereits eingefallen sind, empfiehlt sich dies. In der *Bücherschen* Monographie ist von der Bekämpfung Geflügelter nicht viel die Rede, da er es eben ganz überwiegend mit Hüpfern zu tun hatte. Trutzhühnerherden können, besonders in junge Mais-

felder eingetrieben, gute Dienste leisten. Damit kommen wir nochmals zu den *biologischen Verfahren*, nämlich insoweit sich *Bücher* vom praktischen Standpunkt dazu äußert. Auch er hebt den Wert des *Waldes* für eine *dauernde* Beseitigung der Heuschreckenplage hervor. Da sie in dichte Wälder nicht eindringen, so wäre ein Waldgürtel ein sicherer Schutz für die Kulturbereichen. Dazu wäre er eine Heimstätte einer den Heuschrecken feindlichen Tierwelt. Den Heuschrecken widrige und Giftpflanzen wurden schon oben erwähnt. Zu den Pflanzen, die die Heuschrecken nicht gern fressen, gehört die Kartoffel, überdies macht das Abweiden eines Teils des Krautes nicht allzuviel aus. Insofern wäre die Kartoffelkultur zu fördern. Beim Getreide empfiehlt sich der Anbau stark begrannter Sorten. Die Grannen werden zuerst gefressen, oft dann die Körner verschont. Besonders von Bedeutung aber ist die Härte der Körner, die ihnen Schutz gewähren kann, so bei einer als „Kandehar“ bezeichneten Weizensorte in Syrien. — Es kann vorkommen, daß der Heuschreckenfraß nützlich ist! Wenn die „Akdari“ genannte Sorghum- (Hirse-) Art jung abgeweidet wird, so wird dadurch der Ertrag erhöht! Wenigstens behaupten die anatolischen Bauern das. Auch anderes junge Getreide, das abgeweidet wird, erholt sich vollständig.

Bücher legt mit Recht großen Wert auf die *staatliche Organisation* der Bekämpfung, die in allen Einzelheiten dargelegt wird. Ohne solche wäre jede Heuschreckenbekämpfung aussichtslos. Über die erzielten Erfolge äußert sich *Bredemann*, der die Bekämpfung in Nordsyrien und Nordmesopotamien leitete, daß daselbst gegen alle Stadien der Heuschrecken gründlicher Erfolg zu verzeichnen war, und daß die Ernte völlig sichergestellt wurde. Auch sei in großen Gebieten die Ablegung von Eiern völlig verhindert worden, und demnach im folgenden Jahre keine Heuschreckenplage daselbst zu erwarten. Man weiß aber, daß die Hauptquelle der heranflutenden Heuschreckenmassen die *Steppe* ist. Auch dort wird man ihnen, nach *Bredemann*, zu Leibe gehen können und müssen, und zwar mit der Zinkmethode.

Die Höhe des Schadens, der noch 1916 in Anatolien von den Heuschrecken angerichtet wurde, schätzt *Bücher* auf 100 Millionen Mark! Die Abwehrtätigkeit beschränkte sich in diesem Jahre hauptsächlich auf den *Schutz der Felder*. 1917 konnte die Bekämpfung in vollem Umfange aufgenommen werden, und es wurde nach *Bücher* erreicht, daß „auch in den stärkstbefallenen Distrikten nennenswerter Schaden verhütet werden konnte“. Genaue Zahlen sind schwer beizubringen, doch steht fest, daß sich in diesem Jahre (1917) der durch Heuschreckenfraß angerichtete Schaden durchschnittlich nicht über das Maß des natürlichen Verlustes durch Hagelschlag usw. erhebt“.

Aus den in Massen eingesammelten und abge-

lieferten Eiern konnte Professor Dr. *Beckmann* (Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Dahlem) ein Fett ausziehen; dessen Verwendung als Speisefett möglich erschiene, doch ist die Gewinnung desselben praktisch untunlich. Verwendung als Geflügelfutter wäre an Ort und Stelle möglich, weiter Transport lohnt sich nicht. Übrigens sind, wie schon ausgeführt, andere Verfahren der Bekämpfung durch Einsammeln der Eierpakete vorzuziehen, die Frage der Verwertung derselben daher von geringer Bedeutung. Die *getrockneten Heuschrecken* sind, mit Ausnahme der jüngsten Stadien, ein Futter von hohem Nährwert, aber Hühner, an die man sie in Menge verfüttert, liefern minderwertige Eier. Das beste ist daher, den Inhalt der Fanggruben als *Dünger* auf die Felder zu bringen. —

Es sind sehr aner kennenswerte praktische und theoretische Leistungen, von denen die Monographie Kunde gibt. Wo immer die Heuschrecken künftig dem Menschen zu schaffen machen, wird man, um die Bekämpfung auf die Höhe zu bringen, auf diese Erfahrungen in der Türkei mit zurückgreifen müssen.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Roland von Eötvös †. Baron Roland von Eötvös, Ungarns größter Naturforscher, ist am 8. April in Budapest dahingeshieden. Als Sohn des Barons *Josef v. Eötvös*, des hervorragenden ungarischen Schriftstellers und Politikers und ehemaligen Kultusministers, wurde er am 27. Juli 1848 zu Buda geboren. Er begann seine akademischen Studien an der Pester Universität und setzte sie in Heidelberg fort, wo er *Kirchhoffs*, *Helmholtz* und *Bunsens* Vorlesungen besuchte; kurze Zeit verbrachte er auch in Königsberg, um *Franz Neumann* zu hören. Nachdem er in Heidelberg die Doktorwürde erlangt hatte, habilitierte er sich an der Pester Universität als Privatdozent der Physik und wurde dort im Jahre 1872 zum ordentlichen Professor der theoretischen Physik und nach einigen Jahren auch der Experimentalphysik ernannt. Das neue physikalische Institut der Universität verdankt ihm seine Ausstattung, die, den Anforderungen der Zeit entsprechend, nicht nur zur Demonstration qualitativer Versuche, sondern auch zur Ausführung präziser Messungen und exakter physikalischer Untersuchungen geeignet ist. Ganz besonders lag ihm die Vervollkommnung des Unterrichtswesens der Hochschule am Herzen, und mit deren vielseitiger Förderung hat er wesentlich dazu beigetragen, daß Ungarn in die Reihe der Kulturvölker Europas eintreten konnte. Dasselbe bezweckten die weitreichenden kulturellen Institutionen, die er während der kurzen Dauer seines Amtes als Minister für Kultus und Unterricht ins Leben rief. An der Wirksamkeit der Ungarischen Akademie der Wissenschaften nahm er, mehrere Jahre als ihr Präsident, regen Anteil. Im Jahre 1891 gründete er die ungarische Gesellschaft für Mathematik und Physik, deren Vorsitzender er bis zu seinem Tode war. Als ungarischer Delegierter der Internationalen Erdmessungskommission nahm er auch an deren Arbeiten regen Anteil.

Kupfermerkblatt des Bureau of Standards. Das Bureau of Standards will von Zeit zu Zeit Merkblätter

über einzelne Metalle und Legierungen ausgeben und darin die zuverlässigsten erreichbaren Angaben dar- über machen, sei es nach eigenen Untersuchungen, sei es nach genau bezeichneten Literaturstellen. Im allgemeinen sind die verschiedenen Informations- quellen schwer zugänglich, ihre Zuverlässigkeit auch nicht immer sicher, oft fehlen auch die erforderlichen Literaturstellen. Die Merkblätter des Bureau of Standards sollen in erster Linie die physikalischen und mechanischen Eigenschaften des betreffenden Metalles behandeln. Alles andere (mit Ausnahme der Produktionsstatistik), wie Herstellungsmethoden, Verunreinigungen usw., nur mit Bezug auf diese Eigen- schaften. Kupfer ist als das erste Metall für ein so beschaffenes Merkblatt ausgesucht worden, zum Teil weil viele der darauf bezüglichen genauen Informati- onen aus dem *Bureau of Standards* stammen, und zum Teil weil seine Eigenschaften vollständiger bekannt sind als die irgend eines andern Metalles. Überdies sind die handelsüblichen Formen des Kupfers durch einen hohen Grad von Reinheit ausgezeichnet, z. B. der Barren des elektrolytisch gewonnenen Kupfers für Drähte enthält im Durchschnitt 99,96 % Metall, das beste englische, im Hochofen raffinierte Kupfer enthält 99,75 %. Das Kupfermerkblatt enthält die als ge- nauert ermittelten Werte verschiedener physikalischer und mechanischer Eigenschaften von reinem und von Handelskupfer namentlich bei gewöhnlicher Tempe- ratur, ferner Angaben über ihre Änderungen bei Tem- peraturänderung. Ein sehr nützlicher technologischer Abschnitt behandelt den Guß, die Bearbeitung, das Schweißen, das Härten, den elektrolytischen Nieder- schlag und die Behandlung in der Hitze. Ein andrer behandelt den Einfluß von Verunreinigungen auf die physikalische Beschaffenheit und schließt mit einem kurzen Bericht über die „Krankheiten“ des Kupfers. Eine vollständige Bibliographie ist ebenfalls vorhan- den. Die Angaben kleiden sich hauptsächlich in die Form von Tabellen und Kurven, und zwar Kurven in so großem Maßstabe, daß eine genaue Interpolation im Dezimalsystem mit Leichtigkeit möglich ist.

Es überrascht, bemerkt *Carpenter* in der *Nature*, daß die Zugfestigkeit des reinen Kupfers, das gegossen und gewalzt und dann bei 500° ausgeglüht worden ist, um es zu normalisieren, nicht genauer angegeben ist als mit $35\,000 \pm 5000$ Pfund pro Quadratzoll, wenn man bedenkt, daß nach dieser Behandlung zwischen verschiedenen Stücken geringere Unterschiede be- stehen, als in irgend einem andern Zustande. Solches Kupfer hat keine wahrnehmbare Elastizitätsgrenze, d. h. ausgeglühtes Kupfer verändert seine Form schon bei der geringsten Belastung dauernd. Ander- seits, wenn man es kalt bearbeitet, walzt oder zieht, so nimmt es eine Elastizitätsgrenze an, die von dem Grade der Bearbeitung abhängt. Nach Versuchen in dem *Bureau of Standards* wird hart ge- zogener Kupferdraht durch das Ziehen auf dem ganzen Querschnitt gleichmäßig beansprucht, es hat auch keine harte Oberflächenhaut.

Manganerze. Die Abteilung für wissenschaftliche und industrielle Forschung in England hatte im Juni 1917 einen Bericht über die Roherze der Eisen- und Stahlindustrie in England, bei seinen Verbündeten und bei den Neutralen veröffentlicht. Er war bereits nach 3 Monaten völlig vergriffen und ist im Sommer 1918, um die auf die feindlichen Länder bezüglichen Angaben erweitert, neu herausgebracht worden. Es heißt dort von den Manganerzen: Im Jahre 1912 wur- den 2¼ Millionen t Manganerz gefördert mit weni- ger als 12 % Mangan und 228 000 t mit einem Gehalt

zwischen 12 und 30 %. Vor dem Kriege förderte Ruß- land mehr Manganerze als irgend ein anderes Land, im Jahre 1913 1 175 000 t, die zum größten Teil durch die Dardanellen hinausgingen. Der Krieg brachte die Produktion im Jahre 1915 auf 9750 t herunter. Indien hat bei weitem die stärkste Manganquelle in dem ganzen britischen Reich, stand im scharfen Wettbe- werb mit Rußland und hat, abgesehen von einem Rückgang der Förderung im Jahre 1915, die Förde- rung gut aufrecht erhalten. Von dem russischen Erz ging viel nach den Vereinigten Staaten, und die dortige Eisen- und Stahlindustrie kam deswegen in beträcht- liche Schwierigkeiten. Eine Zeit lang wurde der Aus- fall durch die Einfuhr hochwertiger brasilianischer Eisenerze wett gemacht. Der plötzlich eintretende Mangel an Schiffsraum zwang die Eisen- und Stahl- erzeuger in den Vereinigten Staaten einheimische Quellen eisenhaltiger Manganerze und manganhaltiger Eisenerze auszunutzen.

Nach einer italienischen Zeitungsmeldung, die die *Science* wiedergibt, errichtet *Ernesto Breda* (Mailand) ein wissenschaftlich-technisches **Forschungsinstitut für Fragen der Eisen- und Stahlerzeugung** — eines der ersten Beispiele in Italien für die Verbindung einer wissenschaftlichen Anstalt mit einer Industriegesell- schaft. Die Breda-Fabrik in Mailand wird Theorien und Methoden, die das Forschungsinstitut ausarbeitet, praktisch ausprobieren. Das Institut wird jungen Männern, die sich in die Eisen- und Stahlindustrie ein- arbeiten wollen, Gelegenheit geben, die Metallurgie nicht nur wissenschaftlich, sondern auch praktisch kennen zu lernen. Seine Errichtung ist der Erfolg eines Aufrufes zur Schaffung derartiger Institute, den das wissenschaftlich-technische Nationalkomitee für Italien erlassen hatte.

Holztrocknung durch kalte Luft. Schon nach den ersten Kriegsmonaten war alles genügend abgelagerte Bauholz aufgebraucht, während der übrigen Zeit mußte man frisches verwenden, aber mit dem unver- meidbar hohen Ausschusse durch Sprünge und Risse. Der Wiederaufbau und die Wiederinbetriebsetzung der Fabriken erfordert große Mengen von Nutzholz. Der Holzmarkt wird daher für nicht absehbare Zeit in der- selben Lage sein wie bisher. Man kann nicht die für die natürliche Alterung erforderliche Zeit abwarten und verwendet bereits mehrere Methoden, um das Holz durch heiße Luft künstlich zu trocknen. Nach einem Bericht der *Nature* erörtert das *Quarterly Journal of Forestry* aber ein beachtens- wertes Verfahren, das auf der Anwendung von kalter Luft beruht. Die erforderliche Anlage ist ein geschlos- sener, nur von Norden her schwach erhellter Schuppen mit doppeltem Dach. An dem von der Tür weitest entfernten Ende befindet sich eine kleine Kälteanlage, wie in Lebensmittelkühlhallen, nur von kleineren Ab- messungen. Diese Kühlanlage erzeugt eine kalte Atmo- sphäre, die dazu ausreicht, die Luftfeuchtigkeit in dem Schuppen in Raureif zu verwandeln, so daß die Atmosphäre beständig trocken bleibt. Die aus den Poren des Holzes austretende Feuchtigkeit wird da- durch beständig zu Raureif kondensiert und beseitigt, und das Holz wird dabei trocken ohne die Gefahr von Rissen und Sprüngen, die die Heißlufttrocknung so oft begleiten.

Um über genügende Mengen von Chinin zur Be- kämpfung der Malaria und anderer tropischer Krank- heiten verfügen zu können, muß England angemessener Zufuhren von **Fiebrerrinde**, die das Chinin liefert, sicher sein. Das ist nach der *Nature* aber keines- wegs der Fall. Einige Jahre schien Holländisch

Ost-Indien und namentlich Java fast ein Monopol darauf zu haben. Von 1911—13 betrug die durchschnittliche Jahreserzeugung an Fiebertinde in Java etwas über 10% Mill. kg, während die Weltproduktion im ganzen nur wenig über 11½ Millionen kg betrug. In Indien schwankt das mit Fiebertinde bebaute Areal etwas, nimmt im ganzen aber ab. Die Jahresproduktion beträgt ungefähr 900 000 kg. Ceylon hatte vor etwa 30 Jahren eine Jahresproduktion von beinahe 6 Millionen kg, hat aber praktisch aufgehört, hier überhaupt noch als Produzent zu gelten. Der Jahresverbrauch an Chinin beträgt in Indien etwa 66 000 kg, die Hälfte davon erzeugt Indien, während die andere Hälfte eingeführt wird. Darnach scheint ein großer Teil des englischen Bedarfs an Chinin aus dem Auslande beschafft werden zu müssen. 80 % des Weltbedarfs der Rinde kommt in Amsterdam auf den Markt.

Das italienische Ackerbauministerium hat einen Wettbewerb ausgeschrieben, um die **Erzeugung Weizens bester Qualität**. Alle Teilnehmer an dem Wettbewerb müssen Land in der römischen Campagna bebauen, und die Art des zu ziehenden Weizens aus den von dem Ministerium angegebenen Sorten auswählen, die dort am besten gedeihen. Wettbewerber, die auf die Preise Anspruch machen, müssen mindestens 200 Zentner Weizen abliefern, von denen zum mindesten die Hälfte für die Saat brauchbar sein muß. Die ausgesetzten Preise betragen 2000, 1500, 1200, 1000, 800 und 500 Lire.

Die nutzbare Wasserkraft in Island. Die Entwicklung und die Ausnutzung der Wasserkraft in Island würden nach einem Aufsatz der *Géographie* mindestens 4 Millionen Pferdekräfte liefern können. Eine islandisch-norwegische Gesellschaft beabsichtigt, die Thorsa auszunutzen, den längsten Fluß, mit mindestens sechs großen industriell verwendbaren Fällen. Die Thorsa könnte 5 Monate im Jahre 800 Tausend Pferdekräfte liefern und das übrige Jahr wenigstens 1,1 Millionen, der größte Fall 7 Monate lang ½ Million Pferdekräfte. Man beabsichtigt, die Energie für die Herstellung von Ammoniumnitraten und -sulfaten zu verwenden. Die dänische ostasiatische Gesellschaft beabsichtigt, von Port Nelson an der Hudson Bay Weizen nach Island zu bringen und dort vor der Ausfuhr nach Europa auszumahlen. Trotz der Überfülle an Wasserkraft hat es Island schwer, sich zu einem Industrielande zu entwickeln. Die Häufigkeit der Erdbeben und der Lavaeruptionen sind mit Fabrikeinrichtungen schwer verträglich, ebenso die eisigen Überflutungen, die häufig und mit großer Gewalt einsetzen. Schließlich bleibt die Arbeiterfrage zu lösen, denn Island selber hat nicht genügende Arbeitskräfte, um den Ansprüchen an industrielle Entwicklung genügen zu können.

Quarzquecksilberlampe. Um die Anwendung von Quarzquecksilberlampen für gewisse Farbprüfungen (Verschießen von Farben) zu erleichtern, hat das *Bureau of Standards* jüngst an einer Anzahl Lampen die von verschiedenen Wellenlängen gelieferte Strahlung gemessen und ihre Änderung mit dem Alter der Lampe ermittelt. Die Messungen wurden mit einer Thermosäule und einem Galvanometer angestellt und die verschiedenen Teile des Spektrums dadurch voneinander getrennt, daß man die Strahlung durch absorbierende Gläser gehen ließ. Es ergab sich, daß die

Gesamtstrahlung einer Quecksilberlampe während eines 1000-stündigen intermittierenden Betriebes um 50—70 % ihres Anfangswertes sinkt, daß die Strahlung der Wellenlänge von weniger als $1,4 \mu$ während dieser Zeit von 30 % der Gesamtstrahlung auf etwa 20 % abnimmt, und diejenige der Wellenlänge von weniger als $0,45 \mu$ von 20 % der Gesamtstrahlung auf etwa 14 % abnimmt. Die Verfasser der Arbeit (*Coblentz, Long, Kahler*) schreiben diesen Abfall der Schwärzung der Innenwand des Quarzrohres zu und der Entglasung des Quarzes.

Über einen **Fall von fast völliger Empfindungslosigkeit** berichtet (nach einer Mitteilung der *Nature*) die *Lancet* vom 1. Oktober 1918. Die Empfindungslosigkeit bezieht sich auf jegliches Tastgefühl, auf Schmerzgefühl, auf Hitze- und Kälteempfindung, Muskelgefühl, Geschmack und Geruch. Der Zustand besteht seit 20 Jahren, trotzdem besitzt der davon Betroffene mehr als durchschnittliche Intelligenz. Wo er sich nicht durch den Gesichtssinn leiten lassen kann, ist er unfähig, irgend eine ihm vorgeschriebene Bewegung auszuführen, da er, nach seiner eigenen Angabe, dann keine Kenntnis davon hat, ob er eine Bewegung ausführt oder nicht. Aber er kann die mehr automatischen Bewegungen, wie Gehen und Schwimmen, die kein bewußtes Mitwirken erfordern, ohne die Hilfe der Augen vollkommen richtig ausführen. Es ist auch klar, daß der rezeptive Mechanismus der Muskeln in Ordnung ist, da eine andere Person die Glieder in jede beliebige Stellung bringen kann; sie verbleiben auch darin, obgleich der Patient bei geschlossenen Augen selber nichts davon wahrnimmt, in welcher Stellung sie sich befinden. Unter der Kontrolle durch die Augen führt der Patient alle Bewegungen völlig normal aus. Er kennt übrigens keinerlei Ermüdungsgefühl, scheint ferner der meisten Formen von innerer Bewegung bar zu sein.

Die *Nature* bringt Angaben aus dem für 1917 erstatteten Bericht der Aufsichtsbeamten, die für den **Mißbrauch der Vivisektion** verantwortlich sind. Die Gesamtzahl der Tierversuche in England und Schottland war 45 542, d. h. 10 501 weniger als im Jahre 1916. Die Gesamtzahl der Versuche in Irland betrug 832. Ungefähr 97 % aller Versuche waren Impfungen oder andere Eingriffe ohne Betäubungsmittel. Die Versuchszahl hat sich verkleinert, weil die sonst damit beschäftigten Pathologen und Bakteriologen durch den Krieg in Anspruch genommen waren. Von den 20 neuen Stellen, die der gesetzlichen Kontrolle unterliegen, sind 14 Militärhospitäler und -Laboratorien, hauptsächlich in Canada und Neuseeland. Von 695 mit Lizenz versehenen waren 43 Frauen. Von den 695 mit Lizenz versehenen haben 402 während des Jahres 1917 von ihrer Lizenz keinen Gebrauch gemacht.

Vertikales Wachstum der Bäume. Aus mehrjährigen Versuchen an sehr jungen Bäumen scheint hervorzugehen, daß, nachdem sich Zweige entwickelt haben, der Stamm unterhalb der Zweige nicht nennenswert an Länge zunimmt, sondern daß die Verlängerung aus dem Endschoßling am Gipfel herkommt. Nägel, die man in 4—5 Fuß Höhe über dem Boden in sehr junge Akazien, Zimmetbäume und Eukalyptusbäume geschlagen hatte, wurden während mehrerer Jahre, oder während die kleinen Baumstämme zu ihrer doppelten Länge heranwachsen, nicht weiter in die Höhe getragen. (Cambage, Roy. Soc. N. S. Wales.)

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

LIBRARY
RECEIVED
SEP 29 1919

Heft 20.

16. Mai 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Der volkswirtschaftliche Wert unser Fischgewässer. Von Prof. Dr. P. Schiemenz, Berlin-Friedrichshagen. S. 355.

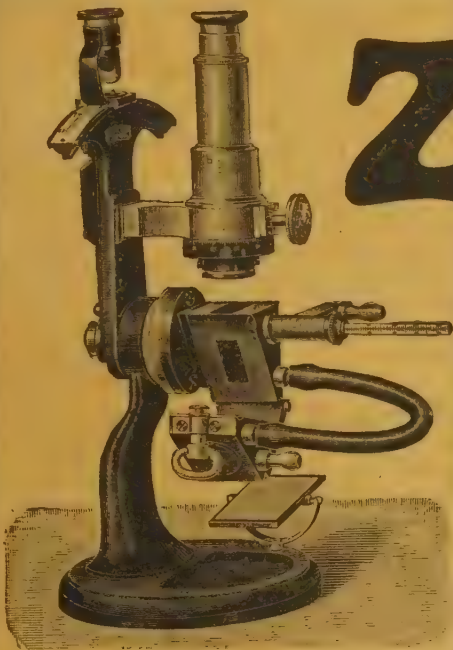
Über die physikalische Natur der Valenzkräfte. Von Dr. W. Kossel, München. (Schluß.) S. 360.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Die Fortschritte der Photogrammetrie im Kriege. S. 366.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Ein neuer Überspannungsableiter. Zur Sonnenfinsternis am 29. Mai. Made in Germany. S. 368-370



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe	- Refraktometer
Butter	- Refraktometer
Eintauch	- Refraktometer
Zucker	- Refraktometer
Pulfrich	- Refraktometer
Kristall	- Refraktometer
Differenz	- Refraktometer
Milchfett	- Refraktometer

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften.

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

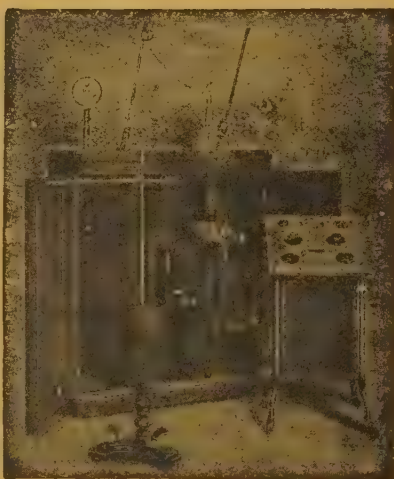
Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 12 24 52 maliger Wiederholung
10% 20% 30% 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Siemens & Halske A.-G.

Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



Glühkathoden-Röntgenröhre der Siemens & Halske A.-G.

Strahlenhärte u. Röhrenstrom
gleichzeitig und unabhängig
voneinander regulierbar. Die
Röhren sind konstant bei jeder
Härte und jeder Belastung.
(Vgl. Berl. Klin. Wochenschr.

1916, Nr. 12 und 13)

Vorführungen in unserm Ausstellungsraum
BERLIN NW, Luisenstrasse 58-59

Röntgeneinrichtung mit
Glühkathoden-Röhre für Diagnostik

Langenbeck-Virchow-Haus

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

16. Mai 1919.

Heft 20.

Der volkswirtschaftliche Wert unserer Fischgewässer.

Von Prof. Paulus Schiemenz,

Vorsteher der staatlichen Anstalt für Binnenfischerei,
Berlin-Friedrichshagen.

Wenn man sich mit wissenschaftlich-praktischen Fragen beschäftigt, so kommt man recht bald zu der Überzeugung, daß recht viele Dinge ganz falsch seitens der Bevölkerung beurteilt werden. Zu diesen Dingen gehört auch die Fischerei, und zwar sowohl die Seefischerei als auch die Binnenfischerei: Unter *Binnenfischerei* verstehen wir die Fischerei in den süßen Gewässern, in den Teichen, Seen, Bächen, Flüssen und Strömen, bis hinunter an den Meeresstrand. Fischereibehördlich allerdings faßt man die Fischerei in den Haffen und Unterläufen unserer Ströme mit der Fischerei in unmittelbarer Nähe der Meeresküste als sogenannte Küstenfischerei zusammen, wir folgen aber den Behörden in unseren Betrachtungen nicht, sondern wir lassen die Binnenfischerei soweit gelten, als Süßwasserfische gefangen werden, und diese spielen noch in den Haffen und Unterläufen unserer Ströme die Hauptrolle. Wir wollen uns hier ausschließlich mit der Binnenfischerei befassen.

Den jährlichen Rohertrag dieser *Binnenfischerei* schätzte man noch vor einigen Jahrzehnten auf jährlich 5 bis 7 Millionen Mark, ich habe, auf Grund meiner Studien, dieser Summe vor etlichen Jahren einen Ertrag von 125 Millionen Mark gegenübergestellt, und heute muß ich nach den inzwischen gemachten Erfahrungen noch einige Millionen, ungefähr 30, hinzulegen. Ich will damit nicht sagen, daß wir zurzeit 155 Millionen aus der Binnenfischerei herausnehmen. Wir können bequem soviel herausnehmen, bleiben aber wohl zurzeit noch bei einem Ertrage von 125 Millionen, weil eben noch nicht alle Fischgewässer so bewirtschaftet werden, wie sie es sollten. Diese meine Schätzung ist natürlich angegriffen worden, aber ich halte unter allen Umständen daran fest, da es mir vergönnt gewesen ist, einen Einblick in so außerordentlich viele Fischwirtschaften zu nehmen und ich seit Jahrzehnten alle Jahr soundsoviel Gewässer zu beurteilen und abzuschätzen habe. Da habe ich denn auch nicht selten Gelegenheit, in die Buchführung der Fischer zu schauen, und ich muß sagen, daß ich manchmal ganz erstaunt darüber bin, was die einzelnen Fischer aus ihren Gewässern herausholen. Ich glaube übrigens auch, daß der Widerspruch gegen meine Schätzung zum Teil deswegen erfolgt, weil die Seefischerei, d. h. die

Fischerei in den Meeren, sich dadurch etwas herabgesetzt gefühlt hat. Ist doch allgemein der Glauben verbreitet, daß wir uns im wesentlichen von Seefischen ernähren, und daß demgegenüber die Süßwasserfische im Verbrauche kaum eine sonderliche Rolle spielen. Das ist aber, von dem Hering abgesehen, ein großer Irrtum, der allerdings insofern zu entschuldigen ist, weil gerade der gebildete Mittelstand im allgemeinen bisher wenig Süßwasserfische gegessen hat, einfach aus dem Grunde, weil sie ihm zu teuer waren. Wenn man aber die Fischmärkte unserer Städte durchwandert, so gewahrt man sehr bald, daß die Süßwasserfische gerade von dem breiten Volke, welches weniger sparsam ist als der gebildete Mittelstand, mehr gekauft werden als die Seefische, und zwar aus folgenden Gründen.

Die Seefische kommen tot bei uns an, sie müssen also bald verbraucht werden und lassen sich nicht lange aufheben, auch nicht auf Eis, ohne sehr an kulinarischem Werte zu verlieren. Auch haftet ihnen mehr oder minder ein strenger Geruch an, der gerade auf die geringere Bevölkerung außerordentlich abstoßend wirkt, und der es bisher auch verhindert hat, daß die Seefische in die Kasernenküchen beim Militär sich mit Erfolg eingebürgert haben. Dazu kommt, daß die Seefische im Kleinhandel meist nur an ganz bestimmten Tagen, wenn sie eben ankommen, zu haben sind, die Süßwasserfische aber immer gekauft werden können. Die Süßwasserfische werden auch meist lebendig verkauft, bei ihnen weiß man also sicher, daß sie frisch sind, während es bei den toten Seefischen der Bevölkerung nicht immer leicht ist, von außen mit Bestimmtheit zu sehen, ob der Fisch frisch und gut ist oder nicht. Das sind alles Gründe, welche gerade unser breites Publikum veranlassen, lieber die teureren Süßwasserfische zu kaufen. Dazu kommt noch, daß die Seefische natürlich den Verkehrswegen folgen, also in den kleineren, abgelegenen Orten spärlicher zu haben sind, während die Süßwasserfische durch unsere Flüsse und Seen selbst überall hin geleitet werden.

Aber trotzdem klagt doch jedermann über den Mangel an Fischen und besonders an Süßwasserfischen. Ja man bildet sich ein, daß man in früheren Zeiten, als die Meeresfischerei noch wenig in Frage kam, nur so in Fischen geschwelgt habe, während man jetzt kaum noch Fische zu sehen bekomme. Wer kennt nicht die Geschichte von den Dienstboten, welche sich in der guten, alten Zeit darüber beschwerten, daß ihnen in der Woche zu oft Lachs vorgesetzt werde? Diese

Geschichte ist so tief in alle Schichten unserer Bevölkerung eingedrungen, daß sie beinahe von allen Orten erzählt wird, auch von Orten, wo überhaupt niemals ein Lachs hingekommen ist. Zuletzt hörte ich sie von Salzungen. Es spricht eben immer der eine dem andern diese Legende nach, und schließlich will sie jeder, wenn auch nicht gerade selbst erlebt, so doch aus „sicherer Quelle“ erfahren haben, wie es ja immer mit den Legenden geht.

Ein Körnchen Wahrheit ist natürlich dran. Früher, als es noch keine Eisenbahnen und keine Eisverpackung gab, konnten die Fische schlecht versandt werden, mußten also dort verbraucht werden, wo sie gefangen waren. Orte, die an guten Fischgewässern lagen, hatten daher reichlich Fische, und sie sorgten auch durch drakonische Bestimmungen dafür, daß sie ihnen erhalten blieben. So hatte z. B. die Stadt Stettin bestimmt, daß niemand aus dem Weichbilde der Stadt Fische ausführen durfte. Wer es doch tat und dabei gefaßt wurde, dem wurden Fische, Pferd und Wagen weggenommen. Auch billig waren die Fische, denn auch hierfür sorgten die Stadtväter. An manchen Orten galt als Marktgesetz, daß die Fischer sich so lange nicht hinsetzen durften, bis sie ihre Fische verkauft hatten. So also hatte man viel und billige Fische. Ganz anders sah es natürlich in den Orten aus, die nicht an Fischgewässern lagen. Da hatte man eben keine Fische, auch nicht für teures Geld.

Das ist jetzt allerdings wesentlich anders. Zunächst einmal hat sich unser Volk gegen früher stark vermehrt, die Bevölkerungszahl hat sich verdoppelt, vervielfacht, also ist es ganz natürlich, daß jetzt die Fische in viel mehr Teile gehen als früher. Weiter hat der Ausbau unseres Eisenbahnwesens und die Eisverpackung dafür gesorgt, daß jetzt die Fische entweder lebend oder mit Eis in kurzer Zeit überall hingensendet werden können, so daß jetzt auch diejenigen Orte Fische bekommen, die sonst nichts bekamen. Auch ist es nicht mehr möglich, durch drakonische Verbote die Ausfuhr zu unterbinden, und schließlich ziehen die Millionenstädte natürlich magnetartig ungeheure Mengen von frischen Fischen an sich, Berlin z. B. ungefähr bis zu 8 Millionen Mark. Alles dies hat die Verhältnisse beinahe umgekehrt, indem man jetzt gerade oft dort am wenigsten Fische bekommt, wo sie gefangen werden. Kurzum, die Verteilung ist eine ganz andere, viel allgemeinere geworden, und daher die Klagen in den früher so reichlich mit Fischen versorgten Orten über die heutige schlechte Versorgung.

Daß der Ertrag unserer Fischgewässer nicht zurückgegangen ist, wird bewiesen durch die stetige Steigerung der Pachtsummen, welche für Fischgewässer gezahlt werden. Verdoppelungen sind da an der Tagesordnung, ja Verzehnfachungen kommen vor. Das wäre doch unmöglich, wenn nicht die Erträge gestiegen wären, denn

die Preise sind in Friedenszeiten kaum oder nur unwesentlich gestiegen.

Im Volke bezweifelt man die Steigerung der Erträge. Das ist durchaus verständlich. Man sieht die üble Wirkung der Abwässer, man sieht immer weniger Fische, und deshalb glaubt man an einen Rückgang der Fischerei. Das Verschwinden der Fische aus der Öffentlichkeit hat aber seine besonderen Gründe und hat nichts mit einem Rückgang der Fischerei zu tun. Früher, als der Fischer noch weniger Kaufmann war, verkaufte er seine Fische am Orte. Er hatte seine Fischkästen, in denen er die gefangenen Fische hälterte. Dort konnte die Fischkästen jeder sehen, und jeder wußte, daß dort Fische sind. Heute liest der Fischer seine Marktberichte und sieht, daß er wo anders vorteilhafter als an seinem Orte verkaufen kann. Flugs packt er seine Fische in Fässer und sendet sie dahin, wo er mehr bekommt, und wenn es Paris oder Warschau sein sollte. Er verzichtet unter diesen Umständen auf den örtlichen Verkauf, und die Einwohner seines Ortes sehen dann keine Fische mehr.

Es werden also darum nicht weniger Fische gefangen, sondern gerade das Gegenteil ist der Fall, und das kann auch gar nicht anders sein nach der Entwicklung, die die Fischerei genommen hat.

Früher, als der Fischer noch auf den örtlichen Verkauf angewiesen war, hatte er gar keine Veranlassung, viel Fische zu fangen. Er mußte die gefangenen Fische in Hältern aufbewahren, und dort litten sie sehr durch Bestoßung und Verpilzung, und diese beiden Übel waren besonders groß, weil der Fischer wegen jeder Hausfrau und wegen jeder paar Pfund seine Fische um- und umrühren mußte, wodurch die Fische allmählich sehr mitgenommen wurden. Der Abgang und der Verlust waren daher groß, sehr groß und um so größer, je größer der Fang war, weil es dann sehr lange dauerte, bis alle Fische verkauft waren. Der Fischer hatte also gar kein Interesse daran, viel Fische zu fangen. Er fing nur so viel, als er in einer gewissen Zeit gut und unter möglichst geringem Verlust absetzen konnte. Heute liegt die Sache ganz anders! Der Fischer wird heutzutage, er mag fangen soviel er will, jeden Schwanz reißend schnell entweder am Orte oder an einen auswärtigen Händler los. Je mehr er also fängt, desto größer ist sein Gewinn. Also wird er sich bemühen, soviel als möglich zu fangen, den Ertrag so hoch zu steigern, als es geht.

Dieser Art Wirtschaft arbeitete man früher seitens der Vereine und der Behörden geradezu entgegen. Man sah das als eine Raubfischerei an, und auch heutigen Tages noch begegnet es mir, daß mich Behörden gegen solche Raubfischer, ihre Pächter, zu Hilfe rufen. Man glaubt eben, daß es bei den Versuchen zur Hebung der Fischerei die erste Aufgabe der Vereine und Behörden sei, dafür zu sorgen, daß möglichst viele Fische, Fischbrut erzeugt werden und der Fischbestand

möglichst geschont werde. Daher die vielen Schonvorschriften, Schonreviere, Schonzeiten, Mindestmaße, Mindestmaschenweiten, Bruthäuser usw. Gründlicher wäre es eigentlich gewesen, wenn man lieber gleich die ganze Fischerei verboten hätte.

Das ist heute ganz anders geworden. Mit den Schonbestimmungen räumt man immer mehr und mehr auf, und diejenigen, welche tiefer in die Praxis haben Einblick gewinnen können, stehen auf dem Standpunkte, daß eine zu große Schonung das Schlimmste ist, was einem Fischgewässer widerfahren kann, daß umgekehrt ein Fischgewässer um so besser, um so ertragreicher wird, je weniger es geschont, je intensiver es befischt wird.

In dieser Beziehung hat uns die Teichwirtschaft klug gemacht. Sie hat uns durch ihre Erfahrungen gelehrt, daß der fischereiliche Ertrag eines Teiches geringer wird, wenn die Zahl der Fische darin zu groß wird. Eigentlich hätte man sich das von vornherein selbst sagen können. So kommt es auch, daß Seen, welche in dem Rufe stehen, besonders fischreich zu sein, meist einen recht geringen Ertrag liefern. Es hat damit folgende Bewandnis:

Das Fischfutter, d. h. die natürliche Nahrung für die Fische in einem Gewässer, wird von den Fischen in zweifacher Art verwertet. Der eine Teil der Nahrung wird als Erhaltungsfutter für die Fische verbraucht, d. h. zur Instandhaltung, zur Heizung der Körpermachinery, wenn ich mich so ausdrücken darf. Von diesem Futterteil hat der Mensch also nichts, keinen direkten Nutzen. Der andere Teil des Futters wird zum Ansatz von Fleisch, zum Wachstum des Fisches verwendet. Das ist es, worauf es dem Fischer ankommt. Je mehr Fische also in einem Gewässer vorhanden sind, desto mehr Futter geht als Erhaltungsfutter verloren, desto geringer muß der Fleischansatz, also der Ertrag sein. Es ist also mindestens ebenso wichtig, nicht zu viel als nicht zu wenig Fische in einem Gewässer zu haben. Die Teichwirtschaft regelt daher den Fischbestand jedes Teiches ganz genau und besetzt die Teiche so, daß die Zahl der Fische in einem vernünftigen, gewollten Verhältnisse zu der vorhandenen Menge natürlicher Nahrung steht. Diese Menge der natürlichen Nahrung, welche in dem Teiche sich zu entwickeln pflegt, wird durch den Abwuchs der Karpfen festgestellt, indem eine sorgfältige Buchführung angibt, wieviel Zuwachs an Fischfleisch der Teich jährlich zu bringen pflegt. Man nennt das auch die „natürliche Produktivität“. In diese dividiert man mit dem Abwachsengewicht weniger Einsatzgewicht des einzelnen Fisches. Ein Beispiel soll dies erläutern. Nehmen wir an, wir haben einen Teich, der durchschnittlich jährlich einen Zuwachs an Karpfenfleisch von 100 kg bringt. Diesen Teich wollen wir mit zweisömmerigen Karpfen besetzen, die

bei ihrem Einsatz im Frühjahr 0,5 kg und bei ihrer Abfischung im Herbst 1,5 kg wiegen sollen. Wieviel Karpfen setze ich nun ein? Nun, das geschieht nach der Formel, die eben angegeben wurde, also $\frac{100}{1,5-0,5} = 100$. Also 100 Stück Karpfen setze ich ein, und dazu ein Aufmaß von 3—5 Stück, den üblichen Jahresverlust im Teich. aber keinen mehr und keinen weniger. Setzen wir mehr ein, so verlieren wir zu viel an Erhaltungsfutter, setzen wir weniger ein, so nützen wir die natürliche Nahrung im Teiche nicht vollkommen aus.

Hieraus ziehen wir nun die entsprechenden Folgerungen für unsere wilden (im Gegensatz zu den künstlichen Teichen) Gewässer. In diesen vermehren sich die Fische nach Belieben, wir haben wenig Einfluß darauf und also auch nicht auf die Menge der sich im Wasser entwickelnden Fische. Da nun die Vermehrung der Fische eine so ungeheure ist, gibt es in der Regel viel zu viel Fische, welche sich gegenseitig das Futter streitig machen, also nicht ordentlich wachsen können. So kommt es, daß wir in vielen Gewässern sehr viel, aber nur kleine Fische haben. Wenn also ein See in dem Rufe steht, sehr fischreich zu sein, dann taugt er meist nicht viel, d. h. er bringt zwar sehr viel Fische, aber wenig Fleisch, worauf es uns doch allein ankommt, im Jahre. Deshalb schonen wir fast gar nicht mehr, sondern fischen ganz intensiv; wir fassen die Gewässer ordentlich an und erreichen damit, daß die Überzahl und die alten Fische rechtzeitig herauskommen und die jungen Fische freudig nachwachsen können. Wir erhalten auf diese Weise Erträge, die wir früher nicht für möglich gehalten hätten. Man könnte nun vom Laienstandpunkte aus einwenden, daß solche hohen Erträge sich nicht auf die Dauer herauswirtschaften lassen, daß dies vielmehr ein Raubbau sei, der das Gewässer allmählich arm machen müsse. Ja, nicht selten hört man diese Ansicht sogar von Leuten, die selbst in der Fischerei tätig sind oder ihr doch nahe stehen. Diese Furcht ist aber gänzlich unbegründet und beruht nur auf Mangel an Verständnis für die fischereilichen Verhältnisse in den Gewässern. Sie wird auch durch die Tatsachen direkt widerlegt, indem derartig intensiv befischte Gewässer dauernd hohe Erträge bringen und immer mehr liefern. Zwei Beispiele solcher intensiv bewirtschafteter Gewässer mögen dies belegen.

(Siehe Tabelle auf Seite 358.)

Im allgemeinen sehen wir, daß ein guter Fischer innerhalb einer Pachtperiode von 12 bis 18 Jahren seinen Ertrag verdreifacht, weil er sein Gewässer immer besser kennen und es auszunutzen lernt. Es hängt also der Ertrag von der Intensivität des Fangens ab, und daher wenden sich unsere Fischer immer mehr und mehr dem intensiven Fange zu und verlassen das Schonprinzip immer mehr.

Gewässer A (mittelgut), See von ungefähr 3300 Morgen:	Gewässer B (arm), See von ungefähr 14000 Morgen:
1900 = 291 Zentner	1900 = 324 Zentner
1901 = 241 „	1901 = 511 „
1902 = 793 „	1902 = 892 „
1903 = 408 „	1903 = 670 „
1904 = 400 „	1904 = 571 „
1905 = 475 „	1905 = 705 „
1906 = 421 „	1906 = 669 „
1907 = 564 „	1907 = 734 „
1908 = 688 „	1908 = 811 „
1909 = 589 „	1909 = 720 „
1910 = 732 „	1917 = 900 „
1911 = 930 „	1918 = 2200 „
1912 = 1153 „	
1913 = 774 „	
1914 = 968 „	

Es versteht sich von selbst, daß unsere Gewässer nicht alle gleich sind bezüglich ihrer Fruchtbarkeit, also ihres Ertrages. Wir haben arme und reiche Gewässer, das zeigten ja schon die Erträge der beiden besprochenen Seen, wenn man ihren Ertrag mit der Wasserfläche vergleicht. Der See A brachte auf den Hektar ungefähr rund 116 Pfund Fischfleisch, der See B im Jahre 1917 nur 25 Pfund, und im Jahre 1918, wo der Pächter ihn selbst übernahm, rund 64 Pfund. So habe ich Seen kennen gelernt, deren Ertrag gleich Null war, und andere, die 120 Mark auf den Hektar brachten. Diese Verschiedenheit in der Fruchtbarkeit an Fischfleisch hängt zusammen mit der verschieden guten Bevölkerung der Gewässer, mit den Nährtieren für die Fische. Deren Menge schwankt außerordentlich, und wir dürfen es als sicher annehmen, daß diese Verschiedenheit bedingt wird von der verschiedenen chemischen Zusammensetzung des Wassers. Daneben wirken natürlich noch andere, und zwar physikalische Bedingungen mit, so die Entwicklung des Uferkoeffizienten, d. h. das Verhältnis von Ufer zur Wasserfläche, und erwähnt könnten noch werden die Verhältnisse der Belichtung, der Temperatur des Wassers und der Uferbeschaffenheit. Je mehr Licht, desto mehr Tier- und Pflanzenleben gibt es in dem Gewässer. Sehr schädlich sind also von Bäumen und Gestrüpp bewachsene und beschattete Ufer. Je wärmer ein Gewässer ist, desto fruchtbarer pflegt es zu sein, mit Ausnahme des Forellenbaches. Steile Ufer sind wenig fruchtbar; flachere, allmählich zur Tiefe abfallende Ufer sind vorteilhafter. Auch die Tiefe spielt eine große Rolle. Tiefe Gewässer sind weniger fruchtbar als flache, jedoch dürfen die Gewässer auch nicht zu flach sein, weil dann wieder ihre Fruchtbarkeit abnimmt aus Gründen, die zu erörtern hier zu weit führen würde.

Neben der Forderung: Nicht zu viel Fische! geht nun noch eine zweite: Nicht zu große Fische!

Das Publikum und auch die Sportangler schwärmen für große Fische. Wirtschaftlich ist

das ganz falsch, denn je größer der Fisch wird, desto weniger vorteilhaft verwendet er die Nahrung, desto mehr frißt er und desto weniger wächst er prozentarisch. Man kann also ruhig und mit Recht sagen: An den großen Fischen erkennt man den schlechten Fischer. Sobald der Fisch reif ist, d. h. seine Geschlechtsreife erlangt hat, sein günstigstes Wachstum hinter sich hat, muß man trachten, ihn zu fangen und auf den Markt zu bringen, genau so, wie man es mit dem Schlachtvieh macht. Je mehr man die großen Fische herausfängt, desto freudiger wachsen die Jungfische heran und desto größer wird der Ertrag an Fischfleisch. Besonders verfehlt ist es vom wirtschaftlichen Standpunkte aus, die Raubfische, z. B. die Hechte, zu groß werden zu lassen, weil sie sehr gefräßig sind und daher dem Fischer teuer zu stehen kommen. Ein Hecht von 30 Pfund kostet dem Fischer jährlich mindestens 100 Mark an Unterhaltungskosten!

Endlich ist es eine unbedingte Forderung der wirtschaftlichen Fischerei, den Fischbestand in bezug auf die Arten zu regeln. Früher fing man die Fische heraus, die in dem Gewässer waren. heutzutage fängt man diejenigen Fische, die man darin fangen will; sind diese Fische nicht da, so setzt man sie eben ein. Nicht jedes Gewässer eignet sich für jeden Fisch, ganz im Gegenteil. und oft treffen wir reichlich Fische von einer Art an, die wirtschaftlich gar nicht in das Gewässer hineingeht, weil sie kein gutes Fortkommen darin hat. Der Fischer von heute unterdrückt einfach solche Fische, fängt sie schonungslos heraus und setzt dafür andere ein, mit denen er bessere Geschäfte zu machen hofft. So etwas kann man natürlich nur bei einem intensiven Betriebe machen, nur dieser versetzt uns in die Lage, eine solche Regelung vorzunehmen, und so ist das Einsetzen von Fischen fast allgemeiner Gebrauch geworden, derartig, daß sogar fast alle Pachtverträge ausdrücklich besondere Paragraphen enthalten über die Art und die Menge der einzusetzenden Fische. Solche nützlichen, vorteilhaften Arten sind, natürlich je nach der Beschaffenheit der Gewässer, Aale, Schleie, bei einigen Gewässern auch Zander, Karpfen, Karauschen usw. Ja, heutzutage neigt man der Meinung zu, daß diese Paragraphen aus den Pachtverträgen wieder verschwinden sollten, weil es sich schon ganz von selbst versteht, daß der neue Pächter Fische einsetzt, und zwar doch viel mehr, als wozu er verpflichtet ist.

Wir sind nun leider freilich noch lange nicht soweit, daß diese wirtschaftlichen Lehren schon in das Fleisch und Blut aller Fischer übergegangen sind. Ganz im Gegenteil dazu kleben die vielen Kleinfischer immer noch sehr an ihrer veralteten Vorstellung des Wertes einer möglichst großen Schonung, aber die selbständigen Großfischer wirtschaften schon recht ausgiebig nach den soeben entwickelten Gesichtspunkten und haben dementsprechende Erträge.

Das neue Fischereigesetz begünstigt auch diese intensive Wirtschaft, indem es versucht, die Fischereien in den größeren Wasserbecken immer mehr und mehr in die Hand einzelner Fischer zu bringen, weil eben nur dann überhaupt nach einem bestimmten Plane gewirtschaftet werden kann, aber nicht, wenn viele uneinige Fischer auf einem Gewässer nebeneinander fischereiberechtigt sind. Die kleineren Berechtigungen werden nach Möglichkeit abgelöst.

Ich möchte nun noch auf einen anderen, weitverbreiteten Irrtum zu sprechen kommen.

Man glaubt vielfach im Volke, daß es besonders die Teichwirtschaften sind, welche die Hauptmenge der Fische liefern. Dieser Glaube wird auch sehr bestärkt und gefördert durch das Auftreten der Teichwirte und besonders durch die Massen von Karpfen, die Weihnachten und Silvester auf den Markt geworfen werden. Diese Vorstellung ist aber unrichtig, und man kann, ohne sich einer Übertreibung des Wertes der Wildfischerei schuldig zu machen, sagen, daß die Teichwirtschaften gegenüber der Wildfischerei überhaupt nicht in Betracht kommen. Man dürfte so ungefähr das Richtige treffen mit der Vorstellung, daß die wilden Gewässer rund 30-mal soviel bringen als die gesamte Teichwirtschaft. Ich kenne z. B. einen großen See, der allein ungefähr 2000 Zentner jährlich Fische liefert.

Weiter ist man im allgemeinen geneigt anzunehmen, daß die Flüsse gegenüber den Seen nur geringe Mengen von Fischen liefern. Auch das ist ein Irrtum. Bei den Fischgewässern ist es das Ufer, welches die Hauptmenge der Fischnahrung erzeugt; je größer also der Uferkoeffizient, d. h. das Ufer im Verhältnis zur Wasserfläche ist, desto fruchtbarer ist das Gewässer. Da die Flüsse nun bei ihrer geringen Breite einen sehr hohen Uferkoeffizienten haben, müssen sie fruchtbarer sein als die Seen, und das sind sie auch. Das fruchtbarste Gewässer, welches wir haben, ist ein guter Forellenbach. Gegen ihn kommt nicht einmal ein Teich auf. Daß die Flüsse auf den Hektar Wasser viel mehr Fischfleisch bringen, ergibt sich schon aus der Tatsache, daß an den Flüssen die Fischer viel dichter gruppiert und angesiedelt sind als an den Seen. Besonders in den Unterläufen unserer Ströme sitzen die Fischer so dicht, wie es an einem See gar nicht denkbar wäre. Hier kommen unter Umständen nur ein paar Hektar Wasser auf je einen Fischer, und doch ernähren sich die Leute davon. Bei Seen muß im Durchschnitt doch eine Wasserfläche von 60—70 ha vorhanden sein, wenn ein Fischer seine Existenz davon haben will.

Natürlich soll zugegeben werden, daß ein Teil unserer Flüsse durch die Abwässer von Industrien schwer geschädigt ist. Man hat eben in Verkenntnis der Wichtigkeit und des Wertes der Fischerei sich nicht die notwendige Mühe mit der Reinigung der Abwässer gegeben und zum Teil geradezu unglaubliche Zustände einreißen lassen.

Vielleicht kommt einmal die Zeit, in der man dies lebhaft bedauern wird.

Wenn es sich darum handelt, den Wert der Binnenfischerei richtig abzuwägen, so muß man auch folgendes bedenken. Bei unserer Seefischerei handelt es sich doch lediglich oder fast lediglich nur um eine Ausbeutung der Meere. Diese sind international, sie gehören niemandem, deshalb wird auch niemand für sie etwas tun. Allerdings ertönen oft Stimmen, welche internationale Maßnahmen und Vereinbarungen zum Schutze und zur Hebung der Meeresfischerei eingeführt wissen wollen. Man kann diese Bestrebungen nur voll und ganz anerkennen, aber ob und wann sie sich verwirklichen werden, weiß zurzeit niemand. Ganz anders liegen die Verhältnisse in der Binnenfischerei. Diese gehört uns allein und wir können damit machen, was wir wollen. Und so hat man sich denn auch seit Menschenaltern Mühe gegeben, die Binnenfischerei zu fördern und zu entwickeln, sowohl durch staatliche Maßnahmen (Fischereigesetze, Fischereiverordnungen, Einsetzung von Oberfischmeistern und Fischmeistern zur Durchführung der gesetzlichen Bestimmungen) als durch Vereine. Beide haben in ihrem Sinne eifrig gearbeitet und entschieden viel Gutes gestiftet. Aber diese Tätigkeit genügte doch nicht ganz, weil die staatlichen Vertreter viel zu sehr polizeilich abgestimmt waren und in den Vereinen zu viel Dilettantismus herrschte. Dies hat sich jedoch mit der Zeit ganz wesentlich gebessert und besonders haben sich manche Vereine durch die Mitarbeit bewährter Männer aus der Praxis sehr segensreich betätigt. Neuerdings ist man aber, nachdem man angefangen hat, den volkswirtschaftlichen Wert der Fischerei zu begreifen, in Preußen auch behördlich dazu übergegangen, etwas mehr für die Fischerei zu tun, indem man in den Jahren 1906/08 ein besonderes Institut für Binnenfischerei in Friedrichshagen, am Müggelsee, errichtet hat, welchem die Aufgabe zufällt, durch wissenschaftlich-praktische Forschungen, durch Unterricht und Beratungen die praktische Fischerei zu fördern. In Zukunft sollen auch staatliche Oberfischmeister im Hauptamte für die Binnenfischerei in den einzelnen Provinzen angestellt werden, welchen die Förderung der Binnenfischerei in jeder Beziehung obliegt. So ist also begründete Hoffnung vorhanden, daß die Binnenfischerei allmählich diejenige Bedeutung bekommt, welche ihr zukommt. Hand in Hand damit wird ihr Ertrag immer weiter steigen und damit ihr volkswirtschaftlicher Wert zunehmen. Daß die Fischerei diese Entwicklung nimmt, dafür zu sorgen wird die Aufgabe aller beteiligten Kreise sein, denn das dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen, daß wir in Zukunft unsere Hilfsquellen der Ernährung, und so also auch die Fischerei, kräftiger heranziehen müssen, als das bisher geschehen ist. Dazu wird uns schon die Not zwingen.

Über die physikalische Natur der Valenzkräfte.

Von Dr. W. Kossel, München.

(Schluß.)

14. Wir haben also die — auf den ersten Blick etwas erstaunliche — Tatsache, daß eine große Reihe von Elementen und unter ihnen vor allem die chemisch aktivsten, wie Alkalien und Halogene, um sich bindend zu betätigen, zunächst eine Form annehmen, die sie den trügsten aller Elemente möglichst ähnlich macht.

Damit ist einerseits für das Modell eine Angabe über Elektronenstabilität gewonnen, der Art, wie wir sie oben als wünschenswert bezeichneten. Offenbar ist die Elektronenkonfiguration dieser Elemente, die die erstrebenswerte Elektronenzahl schon von selbst besitzen und sich darum in keiner Weise darauf einlassen, sie zu verändern, von besonders hoher Stabilität. Diese Eigentümlichkeit der ausgezeichneten Elektronenzahlen abzuleiten, ist eine Aufgabe, die zur Ausbildung des speziellen Atommodells gehört. Indes genügt die Tatsache, um weiter Wesentliches für die Valenzkräfte zu entwickeln.

Andererseits wird nämlich der Betrachtung der bindenden Kräfte durch dies Ergebnis die größte Einfachheit auferlegt. Es geht nicht mehr an, etwa bei den verschiedenen Mitgliedern einer solchen von einem Prototyp beherrschten Reihe, wie die angeführte von C—Cl, in den einander entsprechenden Verbindungen, in denen sie das verschiedenartigste Bindevermögen äußern, wesentlich verschiedene Elektronenanordnungen vorauszusetzen. Alle besitzen *dieselbe* Elektronenzahl, in einer Weise angeordnet, die besonders stabil ist, also vermutlich in allen diesen Fällen übereinstimmt. Zudem ist das Vorbild der erstrebten Elektronenanordnung nicht etwa ein besonders bindungsfähiges Element, sondern ein Edelgas, d. h. ein Atom, das seinerseits keine bindenden Kräfte ausübt, dessen Elektronenkonfiguration deshalb von vornherein als isotrop und abgeschlossen zu gelten hat. Diese Elektronenanordnung des Edelgases und der nach ihm gebildeten Ionen ist auf jeden Fall maßgebend für die *Abstoßungen*, die die Atome aufeinander ausüben, wenn man sie einander stark nähert. Diese Abstoßungen der einander nahekommenden Teile der äußeren Elektronenwolken der Atome definieren die undurchdringliche Oberfläche des Atoms. Diese scheinbare Atomoberfläche, die der Wirkung der anziehenden Kräfte ein Ziel setzt, kann demnach ebenfalls keine besonders unregelmäßige Gestalt haben. Für das Folgende kann sie mit ausreichender Annäherung durch eine Kugel fläche wiedergegeben werden.

Es bleibt demnach nur übrig, für das gesetzmäßig sich ändernde Bindevermögen die gesetzmäßig sich ändernde Kernladung verantwortlich zu machen, die zusammen mit der gleichbleibenden Zahl der Elektronen den Atomen eine gesetzmäßig

sich ändernde *Gesamtladung* verleiht. Auf diese Gesamtladung ist die gesamte Fähigkeit, heteropolare Moleküle zu bilden, zurückzuführen. Das eine Atom der Reihe, bei dem die Gesamtladung verschwindet, das Edelgas, äußert dementsprechend keine Neigung, Moleküle zu bilden. Kann aber die einfache Änderung der Ladung bei den übrigen die reiche Verschiedenheit hervorbringen, die sie in der Molekülbildung zeigen?

Diese Frage ist leicht zu beantworten; die Eigenschaften so einfacher Atommodelle — zentrale Ladung in undurchdringlicher Kugel — lassen sich ohne weiteres übersehen und wenn nötig rechnerisch verfolgen.

15. Zunächst fällt ins Auge, daß die Anziehungskräfte, die die im Mittelpunkt liegende Ladung um ein solches Atom entstehen läßt, völlig isotrop verteilt sind. Widerspricht das nicht dem tatsächlichen Verhalten? — Man ist gewohnt, das Valenzverhalten mittels eines Schemas von Bindestrichen darzustellen, das den Eindruck erweckt, als seien gerichtete Einzelkräfte zwischen den Atomen tätig.

In dem, was diese Valenzstriche ausdrücken können, muß man sorgfältig zwei Punkte unterscheiden. Sie drücken vor allem einen rein zahlenmäßigen Zusammenhang aus. Man hat die Erfahrung gemacht, daß die Atome der verschiedenen Elemente sich vorzugsweise in ganz bestimmten *Zahlenverhältnissen* miteinander zu Molekülen zusammenschließen. Jedes Atom geht hier mit einer oder der anderen charakteristischen Zahlenstufe ein. Drückt man diese „Wertigkeit“ dadurch aus, daß man von dem Atomsymbol eine entsprechende Anzahl von Strichen ausgehen läßt, so läßt sich die Erfüllung der zahlenmäßigen Gesetzmäßigkeit innerhalb des Moleküls sehr bequem graphisch übersehen.

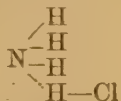
Dieser Gebrauch hat aber nun weiter zur Folge, daß diese Zahlensymbole leicht als Abbilder *einzelner Kräfte* aufgefaßt werden, die vom Atom ausgehen. Damit führt man aber etwas Neues ein, was in der grundlegenden Erfahrung, daß die Atome sich vorzugsweise in bestimmten gesetzmäßigen Anzahlen zu Molekülen zusammenfinden, noch gar nicht steckt. Diese Erfahrung weiß nur von Zahlen, nicht von Kräften. Da aber der Wunsch, Kräfte im Spiel zu sehen, naturgemäß lebhaft und gerade die Einzelkraftdarstellung sehr anschaulich ist, hat man ihre geringe Leistungsfähigkeit gerne etwas übersehen. Tatsächlich gibt es aber in der anorganischen Chemie wesentliche Gebiete, auf denen das Schema der festen Strichzahl nicht ausreicht; die Atome zeigen also häufig bindende Kräfte, die nicht zu der Zahl der als fest angenommenen Einzelkräfte gehören.

16. Die „Komplexverbindungen“ nämlich können immer als die Aneinanderlagerungen ganzer Moleküle angesehen werden, deren Atome ihr gesamtes Bindevermögen schon innerhalb der einzelnen Moleküle erschöpft

haben sollten. Das geläufigste Beispiel sind wohl die Verbindungen des *Ammoniums*. Stickstoff ist gegen Wasserstoff, wenn er ihm allein gegenübersteht, dreiwertig, bildet Ammoniak NH_3 . Dieses nach dem Strichschema gesättigte Molekül bildet mit HCl , für den dasselbe gilt, den Salmiak NH_4Cl ; aus der Konstitutionsbestimmung ist zu schließen, daß nun auch der vierte Wasserstoff unmittelbar am N hängt:

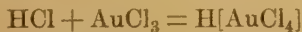


und diese Bindung ist so fest und ausgesprochen, daß der Teil $[\text{NH}_4]^+$ sowohl in der Elektrolyse als einheitliches Kation auftritt, als auch in einer wohlausgebildeten Reihe von Verbindungen als „Ammonium“ die Rolle einer Einheit von der Funktion eines Metalls spielt. Sie versetzt aber die Einzelkrafttheorie in vollkommene Hilflosigkeit — gerade an diesem klassischen Beispiel ist alles versucht worden, was nur möglich schien, um mit ihr eine passende Konstitution zu erhalten —, im Erfolg muß man dabei bleiben, wenn man schon mit Einzelkräften operieren will, die Erweckung einer neuen besonderen Einzelkraft anzunehmen, die man etwa durch einen punktierten Strich andeutet:

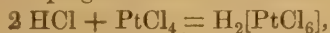


Diesem neuen Bindevermögen des N, das man als „Nebenvalenz“äußerung von der „Hauptvalenz“ 3 unterscheidet, ist es eigentümlich, daß es nicht auf weitere Einzelatome wirkt, sondern nur Teilnehmer anderer Moleküle faßt. Auf diese Bedingung deutete der Name „Molekülverbindungen“ hin, der mit dem Gedanken verbunden war, daß ganze Moleküle ebenso spezifische Valenzkräfte besäßen, wie einzelne Atome. Der heute gebräuchlichere Name „Komplexverbindungen“ betont mehr die inzwischen erkannte typische Tatsache, daß das eine Molekül jeweils einen Teil der Atome des anderen in eine enger verbundene Gruppe, den *Komplex*, hineinzunehmen pflegt, der als Ganzes, etwa als Ion, agiert — wie hier $(\text{NH}_4)^+$.

Diese Art der Bindung ist nicht auf einzelne Atomarten beschränkt: statt am H, kann man den HCl auch am Cl an ein fremdes Molekül anlagern: sie bildet etwa

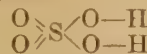


(ein polares Spiegelbild des Salmiaks) und

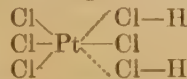


Körper, in denen nun $(\text{AuCl}_4)^-$ und $(\text{PtCl}_6)^{--}$ als Ganzes (als Komplex) fungieren, von dem H^+ -Ionen abfallen, die also Säuren sind. Ihrem Verhalten nach sind diese Säuren enge Analoga der Sauerstoffsäuren — etwa $\text{H}_2[\text{SO}_4]$ —, die sich nach dem strengen Einzelvalenzschema schreiben lassen. Dem tatsächlichen Aufbau nach spielen Halogenatome die Rolle, die dort

der Sauerstoff hat, die Einzelvalenzauffassung vermag diese Rolle aber nur beim zweiwertigen Element wiederzugeben:



beim einwertigen versagt sie:



Durch die weite Verbreitung dieser Art von Bindungsvermögen unter den Elementen im ganzen periodischen System wird man auf die deutlichste darauf hingewiesen, daß man mit einer Deutung der Zahlengesetze der Valenz durch Einzelkräfte in die Irre gehen würde. Die Zahlengesetze sind vorhanden, aber sie beschränken das Bindevermögen nicht in dem Umfange, wie es ihre Deutung durch Einzelkräfte nötig machen würde. Es ist nötig, das Bindevermögen ganz unbefangen von solchen Vorstellungen zu betrachten, und es ist von A. Werner, dem wir für die Klärung der Komplexverbindungen außerordentlich viel verdanken, besonders betont worden, daß das chemische Verhalten viel mehr auf ein nach allen Seiten gleichmäßig verteiltes Anziehungsvermögen der Atome hinweist, als auf gerichtete Einzelkräfte.

17. Damit sind wir aber wieder bei den Eigenschaften des Modells angelangt. Seine Eigenschaften in den eben besprochenen Punkten sind vollständig definiert.

Zunächst ist jedem in einer polaren Verbindung tätigen Atom eine *Zahlengröße* eigentümlich, nämlich die Höhe der Ladung, die es angenommen hat und die (nach dem 2. Faradayschen Gesetz) mit seiner Hauptvalenzzahl übereinstimmt. Die Rolle, die diese Zahl, als „Hauptvalenzzahl“, für das Bindevermögen zu spielen scheint, erklärt sich daraus, daß zur Bildung eines neutralen Moleküls jeweils die Ladungen beiderlei Vorzeichens in gleichen Beträgen vorhanden sein müssen, so daß positive und negative „Valenzen“ sich scheinbar gegenseitig „ab-sättigen“. Ist nur dies (die Neutralität zu verbürgen) der Sinn dieser Zahlen für das Bindevermögen, so können sie natürlich kein Hindernis dafür bilden, daß Moleküle, die bereits als Ganze neutral sind, wie NH_3 und HCl , sich nochmals zu einem neuen neutralen Molekül, NH_4Cl , zusammenlagern. Die Auffassung dieser Zahlengröße als Ladung leistet also genau soviel wie nötig und führt keine ungehörige Begrenzung ein. Wir betonten vorhin, daß die Hauptvalenz ihrem Ursprung nach eine rein *zahlenmäßige* Feststellung enthält, — dem entspricht es, daß sie, im 2. Faradayschen Gesetz und erweitert in unserer Vorstellung, rein den Sinn hat, die *Zahl* der aufgenommenen oder abgegebenen Elektronen anzugeben.

Die *Kräfte* hängen mit diesen Zahlengrößen nun ganz anders zusammen als in der Einzelkrafttheorie. Sie sind in ihrem Wirken nicht begrenzt

— denn jedes geladene Atom, sei es auch nur einfach aufgeladen, wie die einwertigen Ionen, übt auf *jede* andere Ladung Kräfte aus. Es ist also keine Schwierigkeit mehr, wenn ein Teilnehmer eines als Ganzes neutralen Moleküls mitunter einen Teilnehmer eines anderen zu fesseln vermag. Hingegen bestimmt die Höhe der Aufladung, also die Valenzzahl, nun etwas Neues an den Kräften, worauf die bisherigen Valenztheorien kaum eingehen konnten, nämlich die *Größe* der Kraft, die ein Atom auf ein bestimmtes anderes auszuüben vermag, und die Arbeit, die nötig ist, die beiden zu trennen. Diese Arbeit bestimmt aber nach bekannten statistischen Prinzipien die Häufigkeit der Trennungen, d. h. den Dissoziationsgrad der betreffenden Bindung, und man erkennt, daß nach unseren Prinzipien etwa die *Fähigkeit einer Verbindung, Ionen zu liefern*, in ganz bestimmter Weise von der *Wertigkeit der beteiligten Atome* abhängen muß. Durchschreitet man etwa Reihen analoger Verbindungen, in denen die Wertigkeiten von Schritt zu Schritt in bestimmter Weise sich ändern, so ändern sich, da die Wertigkeiten Ladungen bezeichnen, auch die elektrostatischen Kräfte, die die an den Verbindungen teilnehmenden Atome aufeinander ausüben — der Zusammenhalt des Moleküls, etwa seine Fähigkeit, diese oder jene Ionen abzugeben, ändert sich gesetzmäßig.

Die elektrostatische Auffassung ordnet also ihre Begriffe vielfach anders als die Einzelkrafttheorie. Sie ist nicht etwa unbestimmter als diese, wie es zunächst scheinen könnte, sondern gerade in dem, was sie neu behandelt, der Betrachtung der Kräfte, völlig festgelegt. Die Einfachheit des Atommodells, mit dem man zunächst an die entschieden polaren Verbindungen herangehen darf, ergibt in Verbindung mit den Gesetzen der Elektrostatik ganz bestimmte Aussagen, und der Zwang, diese Gesetze unverbrüchlich zu befolgen — der naturgemäß *jede* Anwendung einer bestimmten physikalischen Theorie auszeichnet —, führt zu bestimmter Prüfung an der Erfahrung. Wir greifen hiervon die Behandlung zweier allgemein bekannter und wichtiger Verbindungsklassen heraus: der Komplexverbindungen und der Hydroxyde als Basen und Säuren.

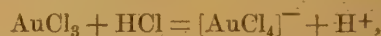
18. Für die *Komplexverbindungen* ist, wie erwähnt, charakteristisch, daß die Teilnehmer eines valenzchemisch gesättigten Moleküls noch Kräfte auf Teilnehmer eines anderen ausüben, obwohl sie keine weiteren Einzelatome sich anzugliedern vermögen. Nach der Annahme, daß die Teilnehmer polarer Moleküle Ionen sind, ist dies selbstverständlich, denn jedes Ion muß auf jedes andere Kräfte ausüben, während ungeladene Einzelatome ihm in dieser Beziehung gleichgültig sind. Es müssen also *beide* Moleküle polar aufgebaut sein, NH_3 lagert zwar ein H aus der polaren HCl an, das als Ion anzusehen ist, vermag aber die Teilnehmer des homöopolaren H_2 nicht zu fassen.

Es fragt sich also weiter, ob denn bei der

Komplexbildung tatsächlich Atome sich aneinanderlagern, die wir als *entgegengesetzt* geladene Ionen anzusehen haben, so daß sie sich anziehen? — Auch dies ist allgemein erfüllt, denn es gilt die Regel, daß ein Atom bei der Komplexbildung stets Atome anlagert, die denen wesensgleich sind, mit denen es schon — in normaler Valenzbetätigung — verbunden ist. Da diese nun stets polar entgegengesetzter Art, ihm entgegengesetzt geladen sind, faßt es also auch in der Nebenvalenzbetätigung entgegengesetzt geladene. Das Gold des schon erwähnten Goldchlorids etwa, das wir als dreifach positiv mit drei einfach negativen Chloratomen verbunden zu denken haben:



lagert in Komplexbildung lediglich Atome negativen Charakters an, etwa ein Cl^- -Ion aus dem Chlorwasserstoff:



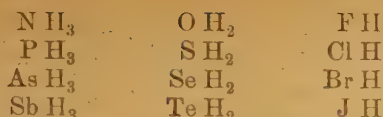
das von dem positiven Metallatom ebensogut angezogen wird wie die drei schon vorhandenen:



Damit kommen wir letztens zur *Größe* der Kräfte. Warum fesselt etwa das Goldatom des Goldtrichlorids das Chlorion der Salzsäure so fest an sich, daß dies lieber das Wasserstoffion, zu dem es doch gehört, fahren läßt und mit jenem das komplexe Anion $[\text{AuCl}_4]^-$ bildet? — Die Antwort, die das Ladungsschema nahelegt, ist: weil das Gold dreifach geladen ist, der Wasserstoff nur einfach. Die Ausdrücke, die Kraft und Arbeit für die Bindung eines negativen Ions an das Gold bemessen, sind dreimal so groß, wie die für die Bindung an ein einfach positives Atom. — Hiernach sollen solche Atome besonders befähigt sein, als Kern (wie hier Au) einen Komplex zu bilden, die große elektrostatische Kräfte auf nahe Atome auszuüben imstande sind, also solche, die hohe Ladungen annehmen, d. i. hochwertig fungieren, und solche, die andere nahe heranzulassen imstande sind, d. h. solche kleinen Volumens. Gerade Elemente, die sich in einer von diesen beiden Eigenschaften oder gar beiden zugleich auszeichnen, sind aber nach der Erfahrung Komplexbildner.

Man erkennt ohne weiteres, wie hiernach die Komplexverbindungen zu systematisieren und insbesondere in ihrer Neigung zur Ionenbildung zu ordnen sind. Wir betrachten hier nur noch eine besonders wichtige Verbindungsgruppe, um die anzuwendende Schlußweise weiter zu verdeutlichen.

19. Den Wasserstoffverbindungen der an den Periodenenden stehenden negativen Elemente:



entsprechen in der bereits oben angewandten Bezeichnungweise die Ladungsschemata:

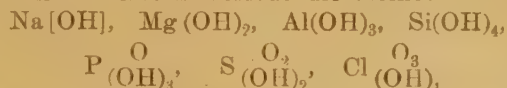


bei denen, wegen des allgemeinen Ansteigens der Atomvolumina analoger Elemente mit dem Atomgewicht, den weiter unten stehenden Gliedern einer Vertikalreihe jeweils größere Radien zuzuschreiben sind. Diese Verbindungsgruppe ist dadurch wichtig, daß sie das Wasser mitten in sich enthält — der Ionenaustausch mit dem Wasser, der den Körpern Gelegenheit zu charakteristischer Funktion gibt, ist also vom Modell aus zu übersehen.

Da die Ladung der negativen Atome von rechts nach links zunimmt, muß, nach Betrachtungen der Art wie oben, zunächst die Festigkeit, mit der die H⁺-Ionen gebunden sind, von rechts

Ammoniak in Wasser als Basis erscheinen. Da das Atomvolumen des P höher ist, ist PH₃ dem Wasser schon weniger überlegen, und AsH₃ und SbH₃ treten dagegen völlig zurück. Noch mehr als dem Wasser selbst ist NH₃ naturgemäß allen den Körpern überlegen, die schon dem Wasser unterlegen sind und ihm H⁺-Ionen abtreten müssen, d. h. den Säuren — ihnen gegenüber tritt [NH₄]⁺ aufs entschiedenste als Einheit (das Kation des Radikals „Ammonium“) auf. Hierher gehört z. B. der oben als Beispiel behandelte Salmiak, in dem N⁻⁻⁻ seine Überlegenheit gegenüber dem Cl⁻ der HCl äußert.

20. Ein Beispiel, das um eine Stufe komplizierter ist als die Grunderscheinung der Komplexbildung und deshalb die Anwendung der Eigenschaften des elektrostatischen Feldes noch weiter durchführen läßt, bildet das Verhalten aufeinander folgender Oxydstufen, genauer der maximalen Hydroxyde solcher Stufen. Wir haben etwa in der ersten Periode die Reihe:



denen wir die Ladungsschemata:



nach links wachsen. Dementsprechend sind die rechtsstehenden Körper starke Säuren, und diese Eigenschaft nimmt nach links ab. Zweitens muß innerhalb der Vertikalreihen, da das Atomvolumen wächst, die Festigkeit der H⁺-Ionen nach unten abnehmen. Entsprechend nimmt der Säurecharakter nach unten zu, es ist etwa für die zweite Spalte:

für die Verbindung: H₂O H₂S H₂Se H₂Te
die Dissoziations-

konstante für Ab-

spaltung eines H⁺: K = 10⁻¹⁴ 10⁻⁷ 1,7·10⁻⁴ 10⁻².

Drittens ist, nach den oben für die Komplexver-

bindungen entwickelten Überlegungen, zu erwarten,

daß jedes Atom den elektrostatisch schwächeren

Atomen H⁺-Ionen wegnimmt. Hiernach ver-

mag das O⁻⁻⁻ des H₂O allen den Körpern, die

rechts von ihm stehen, in denen also der Wasser-

stoff an einem nur einfach negativen Atom hängt,

und allen denen, die unter ihm stehen, in denen

die den Wasserstoff haltenden zweiwertigen

Atome größer sind als O, Wasserstoffionen zu

entreißen, d. h. alle diese Körper müssen in

Wasser H⁺-Ionen abgeben, die in Komplexen

mit Wassergruppen, als „hydratisierte“ Ionen, in

die Masse des lösenden Wassers eintreten — alle

diese Körper sind in Wasser Säuren. Hingegen

ist das N⁻⁻⁻ des NH₃ dem O⁻⁻⁻ überlegen, es

nimmt ihm H⁺-Ionen ab, um seinerseits damit

einen Komplex [NH₄]⁺ zu bilden und die dem

Wasser verbleibenden (OH)⁻-Gruppen lassen das

unterzulegen haben. Es ordnen sich also jeweils um ein positives Atom zunächst die Sauerstoffe, um diese die Wasserstoffe. Die Zerfallsmöglichkeiten dieser Moleküle lassen sich generell in zwei Klassen teilen: nach der einen findet die Spaltung innerhalb des Sauerstoffs, zwischen ihm und dem Kernmetall, statt, dann liefert sie ganze (OH)⁻-Gruppen — nach der anderen außerhalb des Sauerstoffs —, dann lösen sich einzelne H⁺ ab. Damit sind die selbständigen Möglichkeiten erschöpft, denn Kern-Sauerstoff einerseits, Sauerstoff-Wasserstoff andererseits sind die einzigen Bindungstypen, die vorkommen. Man übersieht sofort, daß ein zahlenmäßiges Überwiegen der ersten Zerfallsart des Hydroxyd als Basis, der zweiten aber als Säure erscheinen lassen muß — es kommt also darauf an, welche Bindung die losere ist. Die wirklichen Körper dieser Reihe durchlaufen bekanntlich kontinuierlich alle Stufen von der starken Base Na(OH) bis zur sehr starken Säure H(ClO₄).

Man erkennt nun am Ladungsschema, daß die Kraft, die die Sauerstoffe am Kern festhält, von Anfang bis zu Ende ständig zunimmt, da die Ladung des Kerns ständig wächst. Die Möglichkeit, hier zu spalten, geht also ständig zurück; das heißt aber: die Bildung von OH⁻-Ionen oder der basische Charakter der Oxyde ist am Anfang am stärksten und nimmt ständig ab. Umgekehrt ist es mit der Festigkeit der Bindung zwischen O und H. Die Ladung der beiden Teilnehmer

zwar ist stets dieselbe. Indes hängt — und hier greift eine noch gründlichere Anwendung des Charakters der elektrostatischen Kräfte ein — die Stärke der Bindung ja nicht von den beiden unmittelbar verbundenen Atomen allein ab, sondern vom Felde, in dem sie liegen, also mit auch von den Ladungen entfernterer Atome. Das H^+ -Ion, das vom O^{--} festgehalten wird, wird umgekehrt von dem jenseits des O^{--} liegenden Kernatom, das positiv geladen ist, abgestoßen, und da dessen Ladung in der Reihe von Schritt zu Schritt steigt, die des O gleich bleibt, tritt die Abstoßung mehr und mehr hervor, die Bindung des H wird ständig loser. Die Bereitwilligkeit zur H^+ -Ionen-Abgabe, d. h. der saure Charakter, steigt.

Die Betrachtung beider Bindungen führt also zur Übereinstimmung mit der Erfahrung. Macht man bestimmte Annahmen über die Atomradien, so läßt sich der Gang der Ablösungsarbeiten, den wir eben qualitativ betrachteten, auch rechnerisch

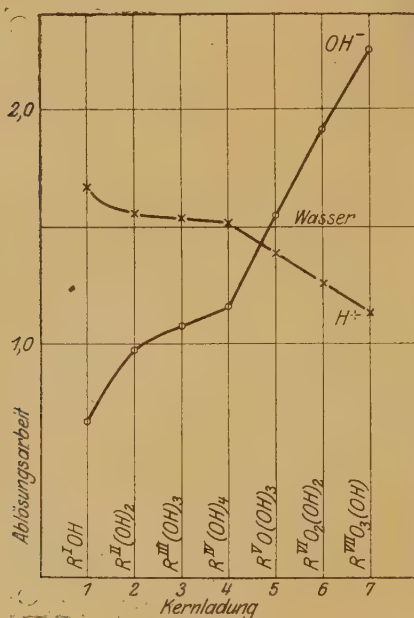


Fig. 3.

streng festlegen. Die Figur zeigt graphisch die Resultate, die man unter den einfachsten zulässigen Annahmen erhält. Die Radien aller Atome sind gleichgesetzt, bis auf den des Wasserstoffions, der verschwindend klein angesetzt ist. (Diese Annahme ist deshalb einzuführen, weil das Wasserstoffatom als erstes aller Atome nur ein Elektron besitzt, als einwertiges Ion also sein ganzes Elektronengebäude, das den wesentlichen Teil der räumlichen Ausdehnung des Atoms ausmacht, verloren hat und auf seinen Kern reduziert ist, dessen Durchmesser kleiner als $\frac{1}{100\,000}$ von dem des Atoms sein muß. Es stellt sich heraus, daß aus ihr die singuläre Rolle folgt, die das Wasserstoffion unter den einwertig positiven spielt, insbesondere der abnorm feste Zusammenhalt der OH-Gruppe in sich, wegen dessen diese Annahme

auch für dies Beispiel wesentlich ist.) Abszisse ist die Wertigkeit des Zentralatoms, Ordinaten sind die Arbeiten, ein OH^- oder ein H^+ vom Molekül abzulösen. Als Einheit der Arbeit ist die eingesetzt, die zur Trennung zweier einwertiger Ionen von normalem Radius notwendig ist. Der Wert, Wasser in H^+ und OH^- zu zerlegen, der zum Vergleich wichtig ist, ist als horizontaler Strich eingetragen. Während wir qualitativ zunächst erkennen konnten, daß der basische Charakter in der Reihe abnehmen, der saure zunehmen muß, zeigt die Rechnung, in der wir die beiden Arbeiten mit einem Maß messen können und die danach gezeichnete Figur, welcher Charakter beim einzelnen Körper überwiegt. Zuerst ist die Arbeit, ein OH^- abzulösen, nur halb so groß, als die, ein H^+ abzulösen, die ersten Körper werden also im Überschuß OH^- -Ionen bilden oder ausgesprochene Basen sein. Umgekehrt steht es am Ende, und der Umschlag von Basis zu Säure geschieht, wie es der Wirklichkeit entspricht, in der Mitte der Reihe.

In diese Überlegung geht nur die Ladung der Teilnehmer ein, d. h. ihre Valenzstufe. Sie gilt also ganz ebenso für den Vergleich verschiedener Valenzstufen desselben Atoms, wenn nur alle heteropolar fungieren. Das ist etwa für Mn und ähnliche Elemente erfüllt, die in allen Stufen metallischen Charakter zeigen. Hier muß also mit wachsender Oxydstufe der basische Charakter ab-, der saure zunehmen. Das wird durch eine bekannte Erfahrungsregel der analytischen Chemie bestätigt.

21. Eine analoge Betrachtungsweise läßt verstehen, warum die hochgeladenen Ionen in Wasser nicht frei beobachtet werden: sie zerlegen es, eben wegen ihrer hohen Ladung, und treten nur innerhalb eines Säurerestes auf. Man kann das Entstehen dieser Einwirkung bereits von den kleinsten Ladungen an verfolgen. Jedes positive Ion, etwa aus einem Chlorid, muß auf die Bestandteile des lösenden Wassers ebenso einwirken, wie die Zentralatome der eben betrachteten Hydroxyde auf ihre Begleiter: es fesselt den Sauerstoff, stößt den Wasserstoff ab. Beide Wirkungen steigen mit wachsender Ladung und fallen dem Radius des Ions. Zunächst äußert sich nur die anziehende Wirkung auf den Sauerstoff: das Wasser wird daran festgehalten, bleibt aber noch intakt. Von den nur einwertig geladenen Alkaliionen tritt erst beim kleinsten, Li, eine hervortretende Fesselung von Wasser (hohe Ionenreibung, Hygroskopizität der Salze) auf. Die zweiwertigen halten einige Wassergruppen bereits so fest, daß sie sie auch beim Eindampfen nicht loslassen, sondern als „Kristallwasser“ in den festen Zustand mit einbauen. Daß diese Wassergruppen am Kation liegen, etwa:



hat bereits Werner gezeigt. Von da an (schon beim kleinsten zweiwertigen [Be] beginnend) beginnt nun auch schon die Abstoßung der Wasser-

stoffe aus dem angelagerten Wasser merklich zu werden; man erhält leicht basische Salze, und mit noch höherer Ladung dominiert diese Erscheinung, die nun als Hydrolyse bezeichnet wird, vollständig, so daß etwa das P^{++++} des PCl_5 in Wasser nie frei auftritt, sondern nur in Begleitung zerstörter Wassergruppen: $[PO_4]^{---} + 8 H^+ + 5 Cl^-$ als Anion der Orthophosphorsäure.

22. Die angeführten Beispiele sollten eine Anschauung davon geben, daß die elektrostatischen Kräfte zwischen den Ionen die Abstufungen der für das anorganische Gebiet typischen heteropolaren Verbindungen bereits recht weitgehend darstellen. Man findet dies in einer ausführlichen Arbeit des Verfassers gründlicher durchgeführt. Die hier eingeführten Annahmen erweisen sich auch in den anderen Anwendungen, für die sie in Frage kommen, in dem ganzen Umfang als brauchbar, in dem man die Voraussetzungen als gültig ansehen darf, unter denen sie aufgestellt sind. Die elektrostatischen Anziehungskräfte sind also prinzipiell durchaus fähig, die Valenzkräfte darzustellen, und der Umfang der Übereinstimmung läßt es sehr fraglich erscheinen, daß neben den elektrischen Kräften noch andere im Zusammenhalt der Moleküle tätig sind.

So ist nun der nächste Wunsch, vollkommen strenge Darstellungen der Atome verwenden zu können und aus ihnen sowohl die Kräfte in polaren Molekülen streng zu erhalten — etwa auch Zersetzungsspannungen und Wärmetönungen zu berechnen, beides Aufgaben, die sehr bestimmte Ansätze nötig haben —, als insbesondere auch den Übergang zur Darstellung der feineren und verwickelteren Felder zu finden, die bei der Bindung homöopolaren Charakters bestimmend sein müssen, und so auch die Gesetzmäßigkeiten dieser Verbindungsarten rationell darzustellen.

Hierzu ist sowohl theoretische wie experimentelle Arbeit im Gange.

23. Die *experimentellen* Methoden sind vor allem optische von zweierlei Art.

Auf der einen Seite müssen die gesetzmäßigen *Eigenschwingungen* der Atome: die Röntgen- und optischen Spektren und was an lichtelektrischen und ähnlichen Vorgängen mit ihnen zusammenhängt, in Bohrscher Weise gedeutet, nähere Kenntnis der Atomfelder vermitteln und ihre Aussagen in dieser Richtung werden fleißig bearbeitet.

Auf der anderen Seite gibt die Methode, die Elektronen des Atoms in *erzwungene* Schwingungen zu versetzen und deren Wirkungen — als Refraktion und Dispersion des Lichts, als Streuung der Röntgenstrahlen — zu studieren, Auskunft über die Lagerung der Elektronen im Atom. Hiervon gibt die Röntgenstrahlenstreuung die unmittelbarsten Aussagen. So haben *Debye* und *Scherrer* mit ihr auf einem neuen unabhängigen Wege die Tatsache, daß in den Alkalihaloiden die Atome bereits im Gitter des festen Kristalls ihre Ionenladungen tragen, bestätigt,

vor allem aber Resultate über die relative Verteilung der Elektronen in den Atomen eines vollkommen homöopolar aufgebauten Materials, des reinen Kohlenstoffs, erhalten. Damit rückt die Möglichkeit näher, auch hier mit Rechnungen zu beginnen.

24. Was die *theoretische* Verfolgung der vorliegenden Möglichkeiten angeht, so erkennt man leicht, daß eine strenge Behandlung nicht nur den feineren Aufbau des einzelnen Atoms einzuführen hat, sondern sich außerdem Fälle auszusuchen muß, in denen die *Umgebung* der betrachteten Atome ganz scharf definiert ist, um zu bestimmten Resultaten zu kommen. Die Ionenbildung in Wasser, die die am meisten charakteristische Äußerung der Valenzkräfte bildet, ist darum zur strengen Behandlung weniger geeignet, denn die Lagerung der Bestandteile des Wassers, die das betrachtete Molekül umgeben, beeinflusst naturgemäß die Feldkräfte im Molekül sehr wesentlich, ist aber zweifellos ziemlich verwickelt und obendrein wegen der Wärmebewegung in der Flüssigkeit zeitlichem Wechsel unterworfen. Die einfachste Aufgabe bietet vielmehr der Fall, daß Atome derselben Arten, wie die, deren Zusammenhalt zu studieren ist, auch die Umgebung bilden und in regelmäßiger Anordnung feste Plätze einnehmen: der Fall des festen Kristalls.

Man erkennt ohne weiteres, daß von den oben entwickelten Prinzipien auch die Bindung der Atome im Kristall einer heteropolaren Verbindung umfaßt wird — ein Kristall ist danach ein großartiges Beispiel von Selbstkomplexbildung (ein Vorgang, dessen erste Stufen wir bekanntlich in der Elektrolyse an einigen Beispielen im einzelnen verfolgen können) —, und die alte Forderung der Kristallographie, daß der ganze Kristall als *ein* Molekül aufzufassen sei, durch die Gleichartigkeit der Kräfte, die zwischen allen Teilnehmern herrscht, mögen sie nun demselben stöchiometrischen „Molekül“ angehören oder verschiedenen, von selbst erfüllt ist. Behandelt man diese Anziehungen als Punktkräfte, wie wir es bisher taten, so ist ihr Potential ein einfaches Coulombsches, es setzt sich aus Ausdrücken zusammen, die mit der ersten Potenz des Atomabstandes r abnehmen. *Madelung* hat kürzlich Formeln entwickelt, die das gesamte Coulombsche Potential eines Gitters aus Punktladungen auf einen Punkt in seinem Inneren berechnen lassen. Kennt man also dies Gitter und hat man Ansätze für die Elektronenstruktur der einzelnen Atome, von der ihre Abstoßung abhängt, so kann man den Abstand, in dem die beiden Kräfte im Gleichgewicht sind, und die Kräfte, die zu bestimmter Änderung dieses Abstandes nötig sind, absolut berechnen, d. i. die absoluten Dimensionen eines Kristalls und seine Kompressibilität. Diese Aufgabe haben *Born* und *Landé* angegriffen. Sie nehmen Atome an, deren innerer Aufbau nach den vor *Bohr* aufgestellten Quantenprinzipien geregelt ist und auf die Gesetzmäßigkeiten des

periodischen Systems Rücksicht nimmt. Dies läßt sich zunächst für die nächstliegende einfachste Annahme durchführen, nach der z. B. die äußersten Elektronen jedes Atoms sämtlich in einer Ebene umlaufen. Behandelt man so die einfachsten heteropolaren Gitter, nämlich die, in denen nur einfach geladene Atome einander gegenüberstehen, so erhält man für diese Körper, nämlich sämtliche Halogenide sämtlicher Alkalien, Gitterkonstanten, die mit der Erfahrung sehr nahe übereinstimmen, hingegen Kompressibilitäten, die durchweg doppelt so groß sind, als die beobachteten; die Kristalle erhalten die richtige Größe, sind aber zu weich. Das Potential der abstoßenden Kräfte geht hierbei mit r^{-5} . Born und Landé fragen sich darauf, welcher Art dies Potential sein müsse, um die beobachtete Zusammendrückbarkeit zu ergeben, und finden, daß es dann im wesentlichen mit r^{-9} gehen müsse. Dies Resultat ist sehr wichtig. Einmal nämlich sind seine Voraussetzungen außerordentlich einfach und unbezweifelbar, es bedeutet also eine neue unabhängige Aussage über die Atomkräfte. In die Rechnungen gehen ein: 1. die Struktur des Kristallgitters, 2. die Ladung der einzelnen Atome, 3. die Annahme, daß die Abstoßung durch ein Potential darstellbar sei, das mit einer bestimmten, zu ermittelnden Potenz von r^{-1} gehe, 4. die beobachteten Werte der Kompressibilität. — Über die Struktur des einzelnen Atoms wird nichts vorausgesetzt — man muß die Rechnung als allgemein bindend ansehen. Das Ergebnis andererseits, daß für die unbekannte Potenz von r^{-1} der Wert 9 anzusetzen sei, stimmt in zwei wesentlichen Punkten mit den Eigenschaften des einfachsten Atommodells überein, das wir in den vorigen Paragraphen untersuchten. Es weist erstlich darauf hin, daß die Isotropie der Elektronen-anordnung im einzelnen Atom höher sein muß als die axiale, mit der etwa Born und Landé es zuerst versuchten — Born zeigt, daß eine so hohe Symmetrie wie die des Würfels für diesen Exponenten nötig ist. Das stimmt damit überein, daß beim Studium der chemischen Verbindungen sich die völlig isotrope Kugelform so merkwürdig weitgehend brauchbar erweist. Nirgends drängt sich eine axiale Symmetrie, wie sie dem Bohrschen Modell in einfachster Form zunächst naheliegt, von selbst auf. Auf der anderen Seite nähern sich die Trennungsarbeiten der Ionen und was damit zusammenhängt, um so mehr den Verhältnissen bei einer starren und undurchdringlichen Atomoberfläche, je höher der Exponent des Abstoßungsgesetzes ist. Diese letztere Idealisierung, undurchdringliche Kugelschalen, hatte sich aber bei der Betrachtung der Trennungsarbeiten als recht brauchbar erwiesen.

25. So ist also, trotzdem es an einer vollkommen strengen Durchführung noch mangelt — diese wird erst dann möglich sein, wenn der ganze Bau jedes einzelnen Atoms feststeht —, nicht zu bezweifeln, daß es wohlbekannte physikalische

Kräfte sind, die die Valenzbetätigung der Atome bestimmen. Man wird in der schließlichen vollständigen Darstellung die elektromagnetischen Kräfte vollständig einzuführen haben, also nicht auf die elektrostatische Seite beschränkt bleiben, sondern auch elektrodynamische (magnetische) Kräfte zu betrachten haben. Die elektromagnetischen Vorgänge zeigen sich zudem innerhalb der Dimensionen des Atoms von eigentümlichen Zusatzbedingungen beherrscht, die durch den Begriff des Wirkungsquantums charakterisiert sind, und es mag sein, daß diese Bedingungen für die nähere Kenntnis etwa der Stabilität der Atombindungen eine unmittelbare Rolle spielen, als sich bisher aufgedrängt hat. Daß wir aber hinter der Valenzbetätigung noch neue, bisher unbekannte Naturkräfte zu vermuten hätten, ist heute außerordentlich unwahrscheinlich geworden.

Zu 4: R. Abegg, Zeitschr. f. anorg. Ch. 50, S. 309, 310, 1906.

Zu 6: H. Helmholtz, Faradayvorlesung 1881, Vorträge und Reden, Bd. 2.

N. Bohr, Phil. Mag. 26, S. 857, 1913.

Zu 8: J. Stark, zusammenfassend: Die Prinzipien der Atomdynamik, insbesondere Bd. III: Die Elektrizität im chemischen Atom, Leipzig 1913.

J. J. Thomson, Elektrizität und Materie, Braunschweig 1904.

E. Rutherford, Phil. Mag. 21, S. 669, 1911.

Zu 9 und 10: N. Bohr, Phil. Mag. 26, S. 1, 476, 857, 1913; 27, 506, 1914; 30, 394, 1915.

Zu 11 bis 21: W. Kossel, Ann. d. Physik 49, S. 229, 1916.

Zu 15 und 16: A. Werner, Neuere Anschauungen auf dem Gebiet der anorganischen Chemie, 3. Aufl., Braunschweig 1913.

A. Werner, Nobelvorlesung, diese Zeitschr. 2, S. 1, 1914.

Zu 23: P. Debye und P. Scherrer, Phys. Zeitschr. 19, S. 474, 1918.

Zu 24: E. Madelung, Phys. Zeitschr. 19, S. 524, 1918.

M. Born und A. Landé, Sitz.-Ber. d. Preuß. Ak. d. Wiss. 1918, S. 1048.

M. Born und A. Landé, Verh. d. D. Physik. Ges. 20, S. 202 u. f., 1918.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 24. März hielt zunächst Dr. Cranz (Charlottenburg) einen Vortrag über die Fortschritte der Photogrammetrie im Kriege. Die Photographie aus Luftfahrzeugen fand zuerst zu Kriegszwecken Verwendung, so 1849 bei Solferino und 1862 im amerikanischen Bürgerkriege bei Richmond. Im deutsch-französischen Kriege 1870/71 wurden vielfach Aufnahmen aus Luftballons gemacht, und schon 1886 ist Tissandier mit einer Mehrfachkamera aufgestiegen. Aus neuerer Zeit sind Scheimpflugs und Thieles Panoramakammern zu erwähnen, Systeme von seitlichen Kameras, die symmetrisch um eine Mittelkamera angeordnet sind, sowie die von Scheimpflug zur mechanischen Verarbeitung der Aufnahmen vorgeschlagenen Geräte. Die Anwendung der Methoden von Thiele ist jedoch auf ebenes Gelände beschränkt. Bei unebenem Gelände sind Aufnahmen von zwei verschiedenen Standorten aus notwendig. Aber während auf der festen Erdoberfläche die Schwierigkeit der gegenseitigen Orientierung der Bilder spielend überwunden wird, ist die genaue Orientierung bei Photographien

aus Flugfahrzeugen nicht so leicht zu erreichen. Trotzdem sich *Finsterwalder* und andere eingehend mit diesen Fragen beschäftigt hatten, kommen die von ihnen ausgearbeiteten Methoden wegen ihrer Umständlichkeit und Ungenauigkeit für die praktische Ausübung der Photogrammetrie vom Flugzeug aus nicht in Frage. Bis 1916 war somit ein Verfahren, das auch nur entfernt mit den terrestrischen Methoden konkurrieren konnte, nicht geschaffen. Dies geschah erst durch die Arbeiten von *Hugershoff*, der insbesondere das Orientierungsproblem in eleganter Weise löste. Der Vortragende zeigte nun an der Hand von Lichtbildern, wie man mit neuen, von der Firma G. Heyde in Dresden gebauten Theodoliten die von zwei verschiedenen Standpunkten aufgenommenen Bilder ausmessen kann, wenn man die photographischen Platten richtig orientiert, d. h. sie zu dem Theodoliten in die gleiche Lage bringt, welche der photographierte Teil der Erdoberfläche zu der Aufnahmekamera gehabt hat. Auf diese Weise ist es möglich, bei der Ausmessung eine Genauigkeit von der Größenordnung eines Meters für alle drei räumlichen Koordinaten zu erreichen. Ein Gebiet von der Größe eines Meßtischblattes kann in etwa zwei Stunden vollkommen mit Aufnahmen überdeckt werden, und die Kosten dieser Aufnahmemethode dürften geringer sein wie diejenigen der terrestrischen Aufnahme, während der Zeitaufwand nur ein Bruchteil des bei letzterer Aufnahmeart nötigen ist. Einen Vorteil gewährt die Luftbildaufnahme auch dadurch, daß die Photographien objektive Beweismittel von dokumentarischem Wert darstellen.

Als zweiter Redner sprach Regierungsbaumeister *Ewald* über die Photogrammetrie bei den Marinefliegerabteilungen. Die Bedeutung des Flugbildes für die Zwecke der Marine ist erst verhältnismäßig spät erkannt, dann aber in zweckmäßiger Weise ausgenützt worden. So konnten z. B. bei den Unternehmungen unserer Flotte gegen die Insel Ösel die schlechten russischen Karten durch Aufnahmen aus der Luft verbessert werden. Auch im Frieden aber bieten sich auf diesem Gebiete der Marine zahlreiche Möglichkeiten der Betätigung, von denen der Vortragende die folgende besprach: Genaue Aufnahme der Küstenumrisse bei verschiedenen Wasserständen, Änderungen der Küstenlinie im Laufe der Zeit, Landansichten von See aus, die als Grundlage der Vertonungszeichnungen auf den Seekarten dienen können, Feststellung von Versandungen, von Fahrrinnen im Wattenmeer, von Muschelbänken, Aufnahmen von Häfen und Hafenbauten sowie von Arbeiten an Buhnen und Molen in verschiedenen Stadien der Vollendung, Beglaubigung von Naturkatastrophen, wie Sturmflutschäden, Deichbrüche, Überschwemmungen, Ausdehnung und Rückzug der Überschwemmungsflut usw. Von Bedeutung ist ferner, daß die photographische Platte auch Bilder von Gegenständen liefert, die sich unter dem Wasserspiegel in Tiefen befinden, bis zu denen das menschliche Auge nicht hinabdringt. So war es z. B. möglich, das Vorhandensein von Minen nachzuweisen, und in dem klaren Wasser der Adria ein Unterseeboot in 20 Meter Tiefe zu photographieren. Alle diese Beispiele belegte der Redner durch Vorführung von Lichtbildern.

An dritter Stelle führte Oberleutnant *Jancke* Lichtbildaufnahmen aus dem südlichen Palästina vor. In 1½ Monaten gelang es ihm im Sommer 1917 mit Hilfe eines durch den Luftzug des großen Propellers betriebenen Reihenbildners ein Gebiet von etwa 1200 qkm aufzunehmen. Dadurch, daß er stets in gleichbleibender Höhe von 3200 m und um dieselbe Tageszeit,

9 Uhr morgens, also bei gleicher, schräg aus Südosten kommender Beleuchtung flog, erhielt er vergleichbare Bildreihen von fabelhaft plastischem Eindruck.

Die sehr lebhaft erörterte drehte sich wesentlich um die Frage, ob die Zuverlässigkeit der Lichtbildaufnahme so groß sei, daß sie in Wettbewerb mit der terrestrischen Landesaufnahme treten könne. Topograph *Nowatzki* betonte, daß die Preußische Landesaufnahme schon 1912 bis 1913 aus Luftbildaufnahmen eine Karte des vorgeländes von Thorn konstruiert habe. Es habe sich dabei gezeigt, daß die Herstellung einer genauen Karte auf diese Weise nicht möglich sei. Eine Aufnahme umfaßt nur $\frac{1}{4}$ qkm, während nur für je 5 qkm ein trigonometrischer Punkt vorhanden sei. Es wäre also eine 15- bis 20-fache Vervielfältigung der Triangulationspunkte nötig. Die Höhenfehler betrügen etwa 5 m. Auch an der Kriegsfrente sei mit stereophotogrammetrischen Aufnahmen auf der Erde Großes geleistet worden, z. B. die Vermessung von 8000 qkm an der griechischen Grenze in Mazedonien.

Major v. *Tschudi* bestreitet ein Bedürfnis für Luftbildvermessung in Deutschland, dagegen sei das Verfahren in den Kolonien und fremden Ländern angebracht. Geheimrat *Marquardsen* betont ebenfalls die Wichtigkeit für die Kolonien, wo häufig große Veränderungen des Kartenbildes eintreten, weil die Eingeborenen ihre Dörfer verlegen, und damit auch das ganze anschließende Wegenetz mitschleppen.

Dr. *Behrmann* warnt vor übertriebenen Hoffnungen. Auf Neuguinea z. B. sieht das schwimmende Sumpfgebiet von oben wie eine Wiese aus, auf der jedoch eine Landung den Tod durch Ertrinken bedeuten würde. Luftschiffe sind dort wegen der Gewittergefahr nicht benutzbar.

Dr. *Gall* meint, daß sich die Vermessung von der Erde nicht umgehen lasse, weil die Identifizierung der Punkte aus Luftbildaufnahmen nicht genau genug und mitunter, z. B. im Urwald, überhaupt nicht durchführbar sei. Dagegen lasse sich das Luftbild wohl als Anschauungsmittel und in wirtschaftlichem Interesse verwenden. So sei es u. a. wünschenswert, daß für jedes Grundstück ein photographischer Ausweis hergestellt werde, der in ähnlicher Weise wie das Porträt beim Personalausweis eine Urkunde darstellt, während die Katasterkarte keine Urkunde ist. Geheimrat *Penck* sieht den Hauptwert in der Festlegung vorübergehender Erscheinungen, in der Rekognoszierung und in der Festlegung anthropogeographischer Einzelheiten, wie der Feldgrenzen usw. Er wünscht, daß die wissenschaftliche Verwertung des in den Aufnahmen steckenden Materials gewährleistet werde. Vermessungsdirektor *Abendrot* hebt hervor, daß Rundbildaufnahmen bis zu einem gewissen Grade imstande sind, Dreiecksnetze zu ersetzen. Hauptmann *Finck* empfiehlt Kinaufnahmen aus dem Flugzeug für Unterrichtszwecke. Er macht auf unerwünschte Aufnahmen aufmerksam, mittels deren z. B. die genaue Wiedergabe geheim zu halten der Einzelheiten von Fabrikanlagen und dergleichen möglich wäre. In seinem Schlußwort wandte sich Dr. *Cranz* gegen mehrere Einwürfe der Vorredner, insbesondere gegen die Ausführungen des Herrn *Nowatzki*. Ein so engmaschiges Triangulationsnetz, wie der letztere annimmt, sei nicht notwendig. Man kann z. B. beim Fehlen eines solchen auf Grund der Luftbildaufnahmen zunächst eine Art Routenaufnahme schaffen, die in ein genaues Netz nachträglich eingefügt werden kann. Das Gebiet eines Meßtischblattes von 120 qkm lasse sich mit 35—40 Aufnahmen überdecken, wenn eine Karte im Maßstab 1 : 10 000 herge-

stellt werden soll; für kleinere Maßstäbe verringere sich auch die Bilderzahl. Der Vorsitzende, Professor *Kohlshütter*, teilte noch mit, daß hoffentlich demnächst Dr. *Pulfrich* (Jena) über seine Arbeiten betreffend die Nutzbarmachung der Stereophotogrammetrie für das Lichtbild berichten würde.

O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ein neuer Überspannungsableiter. Gewisse Metalle, beispielsweise Blei und Wismut, haben die Eigenschaft, daß ihre höheren Oxydationsstufen bei vergleichsweise geringer Erwärmung Sauerstoff abgeben, und daß sich dabei ihre elektrische Leitfähigkeit in hohem Maße ändert. So wird beispielsweise Bleisuperoxyd (PbO_2) bei Erwärmung auf 150°C über die Zwischenstufen Pb_2O_3 und Pb_3O_4 zu Bleiglätte (PbO) reduziert. Der elektrische Leitungswiderstand des Superoxyds beträgt etwa $\frac{1}{2}$ Ohm pro cm, die Bleiglätte ist praktisch ein Isolator.

Diese Eigenschaften werden benutzt bei dem *Oxydhaut-Überspannungsableiter* (Oxyde Film Lightning Arrester), der in Amerika in einer größeren Zahl von Hochspannungsanlagen sich bewährt hat, und über den *Steinmetz* und *Crosby Field* bei der letzten Tagung des American Institute of Electrical Engineers berichtet haben¹⁾.

Der Ableiter dient als Ersatz für die bekannte Aluminiumzelle (Elektrolytableiter) und hat eine Reihe von Eigenschaften mit dieser gemein, unterscheidet sich aber vorteilhaft von ihr durch eine größere Lebensdauer und dadurch, daß er keiner Wartung bedarf. Die Aluminiumzelle muß täglich mindestens einmal neu formiert werden, um nicht rascher Zerstörung ausgesetzt zu sein. Wenn auch diese Formierung durch einfaches Einlegen eines Schalters vorgenommen und eine entsprechende Vorschrift leicht gegeben werden kann, so ist doch deren regelmäßige Befolgung ungewiß, und ein Überspannungsschutz, der nicht auch bei geringer Wartung zuverlässig arbeitet, stellt lediglich eine unerwünschte und in gewissen Fällen sogar gefährliche Komplikation einer elektrischen Verteilungsanlage dar.

Der neue Ableiter besteht aus einer größeren Anzahl einzelner Elemente, die wie folgt zusammengesetzt sind: Zwei Metallscheiben von etwa 180 mm Durchmesser werden durch einen Porzellanring von etwa 12 mm Stärke auseinandergehalten. Die Innenseite der Scheiben ist durch einen Überzug von Lack oder dergleichen isoliert, und der von den Scheiben und dem Ring gebildete Hohlraum ist mit Bleisuperoxyd gefüllt. Ein Element hält eine Spannung von etwa 300 Volt aus. Übersteigt die Spannung diesen Wert, so wird die Isolationschicht der Scheiben durchgeschlagen und die Netzspannung schickt einen der Impedanz des Kreises entsprechenden Strom durch diese Durchbruchstelle. Dieser Strom ruft, da er auf einen sehr geringen Querschnitt begrenzt ist, eine örtliche Erwärmung hervor, die ausreicht, das Bleisuperoxyd in der unmittelbaren Nachbarschaft des Durchschlages zu Bleiglätte zu reduzieren und damit die Isolation an der Durchbruchstelle wiederherzustellen, diese gewissermaßen zu versiegeln. Der Strom wird

daher sofort wieder abgeschnitten. Besteht die Spannung noch, so wiederholt sich der gleiche Vorgang so lange, bis die ganze Überspannungsenergie verzehrt ist. Der neue Ableiter arbeitet also genau wie der Elektrolytableiter als „idealer Dämpfungswiderstand“.

Wächst der Widerstand der Füllmasse während des Gebrauches, so kann der anfängliche Zustand wiederhergestellt werden, indem man die Masse schnell aufeinanderfolgenden Erschütterungen aussetzt.

Einige dieser Ableiter sind seit über 3 Jahren im Betrieb, und zwar in Anlagen mit Spannungen von 110 bis 33 000 Volt. Sie können ebensogut im Freien wie unter Dach installiert werden. In Reihe mit dem Ableiter muß eine Funkenstrecke angeordnet werden, da andernfalls der Ladestrom den Apparat in unzulässiger Weise erwärmt. Diese Funkenstrecke stellt eine unangenehme Beigabe dar, die der Einführung des Apparates bei uns im Wege stehen dürfte. N.

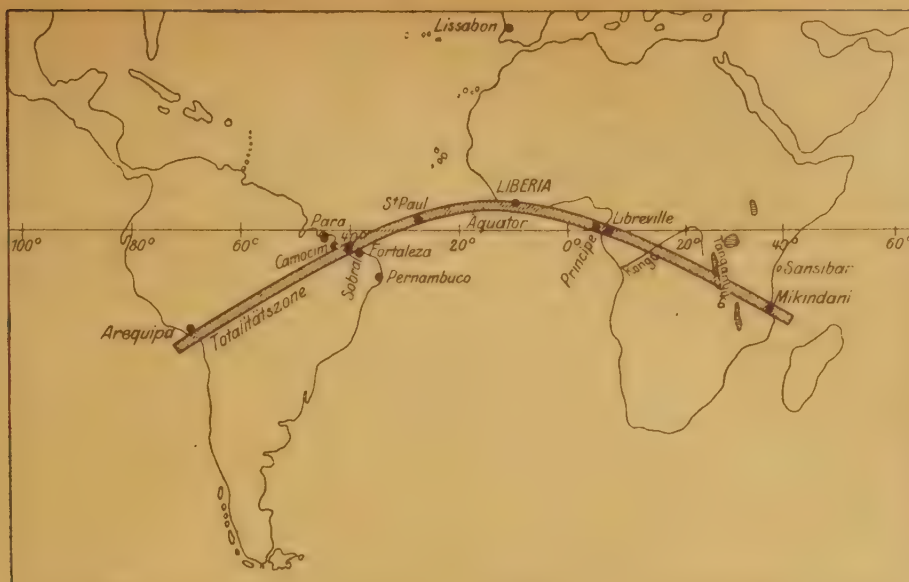
Zur Sonnenfinsternis am 29. Mai¹⁾. Zur Beobachtung der Sonnenfinsternis am 29. Mai, die durch ihre lange Totalitätsdauer für die Prüfung der Einsteinschen Theorie besonders geeignet ist, haben die Engländer zwei Expeditionen ausgerüstet. Die eine unter *Crommelin* geht nach Sobral in Brasilien²⁾ (etwa 130 km landeinwärts von der Küste), die zweite unter *Eddington* auf die portugiesische I. do Principe³⁾ (etwa 180 km von der afrikanischen Küste). Die *Nature* schreibt hierzu: Abgesehen von der langen Totalitätsdauer (5 m 13 s auf den Beobachtungsorten) ist diese Sonnenfinsternis durch das reiche Feld an Sternen rings um die Sonne bemerkenswert. Der *Astronom Royal* gab in den *Monthly Notices* für den März 1917 ein Diagramm ihrer Gruppierung und lenkte die Aufmerksamkeit auf die dadurch überaus günstige Gelegenheit, die Einsteinsche Relativitätstheorie zu prüfen, derzufolge ein Strahl, der von einem Stern aus tangential zur Sonne verläuft, $1,74''$ abgelenkt wird, und die Ablenkung für andere Sterne umgekehrt proportional ihrem Abstände vom Mittelpunkt der Sonne ist. *Eddington* hat darauf aufmerksam gemacht, daß, da ein Lichtstrahl Energie mit sich führt, auch abgesehen von *Einsteins* Theorie eine Ablenkung zu erwarten ist, wie sie ein dicht an der Sonnenoberfläche mit Lichtgeschwindigkeit vorbeigehendes Teilchen infolge seiner Anziehung durch die Sonne erfahren würde. Diese Ablenkung würde genau die Hälfte der von *Einstein* behaupteten, d. h. $0,87''$ an dem Rande der Sonne betragen. Es gibt also drei Möglichkeiten: keine Ablenkung oder die halbe oder die ganze Einsteinsche Ablenkung. Die endgültige Feststellung einer dieser drei würde unsere physikalische Erkenntnis wesentlich erweitern. Fällt die Entscheidung für *Einstein*, so würde das, zusammen mit seinem Erfolg in der Erklärung der Bewegung des Merkurperihels, genügen, um seine Lehre als das wirkliche System des Universums zu akzeptieren. Auch ihre endgültige Widerlegung würde von Nutzen sein, da sie die Verschwendung weiterer Energie auf ihre Ausarbeitung verhindern würde, obwohl sie als scharfsinniges System idealer Geometrie noch immer unsere Bewunderung verdienen würde.

¹⁾ Vgl. *Die Naturwissenschaften*, 1917, Heft 46: Die Einsteinsche Gravitationstheorie und die Sonnenfinsternis im Mai 1919 von O. Birck, Potsdam.

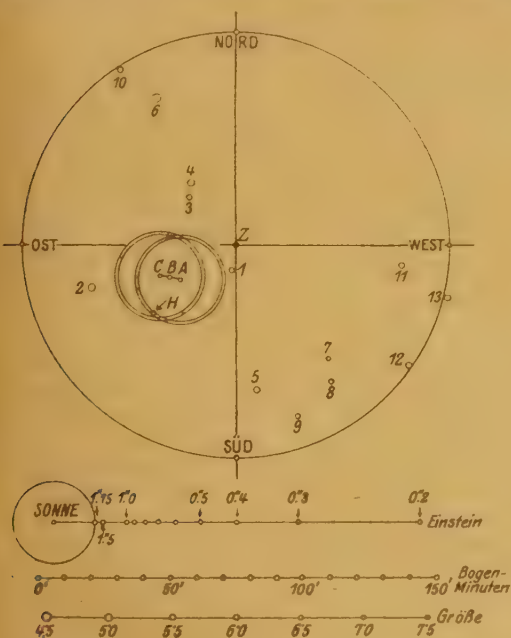
²⁾ l. c. Fig. 3.

³⁾ l. c. Fig. 5.

¹⁾ Proceedings Am. Inst. El. Eng. Juni 1918, Seite 541 und 551, Gen. El. Rev. Sept. 1918, S. 590 und 597. Ferner DRP. 302 684.



Daher werden die britischen Beobachter Fragen der Sonnen- oder Coronaphysik bei dieser Gelegenheit



Die am 29. Mai 1919 auf Einsteineffekt zu prüfen- den Fixsterne in der Nachbarschaft der verfinsterten Sonne, bis zur 7. Größe nach wachsendem Abstand von der Mitte der verfinsterten Sonnenscheibe fortlaufend von 1—13 numeriert. A, B, C sind die Orte der Sonnenmitte für jene drei Zeitpunkte und gesehen von jenen drei Erdorten, in denen die Totalität der Finsternis bei Sonnenaufgang, bei höchstem Sonnenstande und bei Sonnenuntergang eintritt. Für Beobachter in Brasilien liegt der Mittelpunkt der total verfinsterten Sonne zwischen A und B, für Beobachter in Afrika zwischen B und C. Die Kreise um A und C bedeuten die Ränder der Sonnen- und Mondscheibe (die größere). Der in der Nähe des südlichen Sonnenrandes eingetragene Stern H scheidet um Finsternis aus, da seine Bedeckung durch die Sonne zu frühzeitig beginnt. Die stärkste Einsteinsche Verschiebung wird nach Stern 1 erfahren. Sie ergibt sich aus der mit „Einstein“ bezeichneten Skala mit 1,2“.

ganz beiseite lassen und ihre Bemühungen darauf konzentrieren, genaue Photographien des Sternfeldes rings um die Sonne¹⁾ zu bekommen zum Vergleich mit den schon vorhandenen Photographien derselben Himmelsgegend am Nachthimmel. Es stehen dort 13 Sterne, herunter bis zur siebenten Größe in einem Gebiet von wenig mehr als 2° im Quadrat. Neun davon sind Sterne etwa von sechster Größe. Es ist nicht beabsichtigt, länger als 10 Sekunden zu exponieren, und man hofft, daß bei geschickter Entwicklung alle 13 Sterne herauskommen, ohne von dem diffusen Licht der Corona überdeckt zu werden. Zwischen den Eintritt der Totalität auf den beiden Stationen vergehen 2 Stunden und 19 Minuten, und die Sonne beschreift unterdes nahezu 6°. In diesem Zeitraum würden sich die Verschiebungen der näheren Sterne daher merklich verändern, so daß sich eine weitere Gelegenheit zur Verifizierung bietet.

Made in Germany. Im kommenden Juli wird in London wieder eine Ausstellung von Erzeugnissen der angewandten Wissenschaften stattfinden, die zeigen soll, mit welchem Erfolg sich England, durch den Krieg gezwungen, der technischen Verwertung der Naturwissenschaften zugewendet hat. Es ist die dritte *British Scientific Products Exhibition*. Die erste fand im vergangenen August und September in London statt, die zweite im Dezember in Manchester. Mehr als 240 Firmen hatten sie beschickt. Die kommende Ausstellung dürfte noch reichhaltiger werden als die beiden ersten, da jetzt die durch den Krieg gebotene Geheimhaltung wegfällt. Sie wird Abteilungen enthalten für Chemie, Metallurgie, Physik, Ackerbau und Nahrungsmittel, allgemeine Ingenieurwissenschaft und Elektrotechnik, Papierfabrikation, graphische Industriezweige, Medizin, Heizmittel, Luftfahrwesen und Textilindustrie. Die ganze Veranstaltung steht eigentlich unter dem Zeichen „Made in Germany“, denn ausgestellt wurde bisher im wesentlichen das, wofür, wie die *Nature* schreibt, England bis zum Ausbruch des Krieges von Deutschland abhängig gewesen war. Das bezieht sich nicht etwa nur auf die Farbstoffe, mit einer an Naivität grenzenden Offenheit schreibt die *Nature* das

- 1) l. c. Fig. 7.

genau so von den Magnetzündern wie von optischen Pyrometern, von Röntgenapparaten wie von Mikroskopen und vielen anderen Dingen — großen und kleinen. Der Bericht der *Nature* (vom 2. Januar 1919) enthält fast in jedem Absatz bei der Besprechung der einzelnen Dinge Wendungen wie: „previously almost entirely in German hands“, „formerly made exclusively in Germany“, „before the war a German monopoly“, „prepared according to the specifications of certain German patents“. Die Freude der Engländer darüber, daß sie sich gänzlich, wie sie meinen, so schnell von Deutschland unabhängig gemacht haben, ist durchaus begreiflich, aber sie bedeutet doch gleichzeitig ein bei dem sprichwörtlichen englischen Stolz immerhin auffälliges Eingeständnis einer bedenklichen Indolenz, d. h. Faulheit in früheren Zeiten. Vielleicht um dieses zwar unausgesprochene aber deutlich hörbare Eingeständnis wettzumachen, bringt der *Nature*-Bericht eine Darstellung, wie im Grunde genommen das Hauptverdienst doch auf Englands Seite liegt, eine Darstellung, die für Kenner so belehrend ist, daß man sie ihnen nicht vorenthalten darf.

Die *Nature* stellt sich erstaunt, daß die Röntgentechnik in England stark hinter der in Deutschland zurückgeblieben ist. Sie schreibt: „Der rückständige Zustand der Industrie bis vor vier Jahren ist um so merkwürdiger, weil die Entdeckung der X-Strahlen, wenn auch Röntgen sie gemacht hat, unmöglich gewesen wäre ohne die vorangegangene wissenschaftliche Forschung in England. Ohne Faradays Arbeit wäre der erforderliche hochgespannte Strom nicht dagewesen, und ohne Crookes' Arbeit kein Vakuumrohr, mit dem die Strahlen hätten erzeugt werden können.“ Nicht einmal Coolidge darf sich seines Verdienstes ungeschmälert erfreuen: denn das Rohr beruhe, wenn es auch in Amerika herausgebracht worden sei, auf experimentellen Ergebnissen Richardsons vom King's College, die selber auf J. J. Thomsons Arbeiten beruhen. „Man hat herkömmlicherweise immer angenommen, daß nützliche wissenschaftliche Arbeit fast ein Vorrecht Deutschlands ist, aber eine oberflächliche Bekanntschaft mit der Geschichte der Wissenschaft würde zeigen, daß die meisten modernen Industriezweige in britischer Wissenschaft und Erfindung ihren Ursprung haben. In rein wissenschaftlicher Untersuchung von bahnbrechendem Wert sind wir die Pioniere gewesen.“

Besonders phantasievoll ist, was die *Nature* von den deutschen Mikroskopen zu sagen weiß, phantastisch genug, um wörtlich wiedergegeben zu werden: „Das Mikroskop liefert ein anderes Beispiel für die deutsche Entwicklung englischer Gedanken. Heute hat die Industrie für alle praktischen Zwecke fast aufgehört zu existieren, aber sie macht einen Umwandlungsprozeß durch, der am Schlusse des Krieges das britische Mikroskop vorherrschend machen wird. Zwischen 1880 und 1890 stand England in der Mikroskopindustrie in der vordersten Reihe, aber danach verlor es seine Stellung an Deutschland, weil uns dieses ein Instrument lieferte, für das damals ein besonderes Bedürfnis vorhanden war, das einfacher in der Anlage und leichter zu bauen war. Die Deutschen brachten eine als „Kontinental-Modell“ bekannte Type heraus, die für Laboratoriumszwecke praktisch war. Das englische Instrument wurde in ungenügenden Mengen geliefert, und dies, zusammen mit dem hohen Preis für das englische Instrument, verschaffte den Deutschen die Vorherrschaft auf diesem Gebiet. Unglücklicher-

weise wurde es Mode, das deutsche Instrument zu gebrauchen, und, obgleich das englische Instrument ebenso gut war, hatten die einheimischen Fabrikanten wenig Glück, da die Aufträge auf den Kontinent gingen. Wie im Falle der Farbenindustrie war die Mikroskopindustrie in britischen Händen, wurde aber aus Gründen, die vermeidbar gewesen wären, verloren.“ Der Referent der *Nature* hat die Oberflächlichkeit seiner eigenen Bekanntschaft mit der Geschichte der Wissenschaft etwas gar zu weit getrieben, denn er scheint von dem Abbeschen Kondensor, dem neuen Jenenser Glase, den Apochromaten, der homogenen Immersion und von der Abbeschen Theorie der mikroskopischen Bildentstehung nichts zu wissen, vielleicht hat er sie auch nur zu erwähnen — vergessen. Daß Vakuumrohre mehrere Dezennien vor Crookes' Arbeiten in Deutschland hergestellt worden sind und daß Hiltorf damit die Crookes'schen Entdeckungen weggenommen hat, das weiß er wahrscheinlich wirklich nicht, obwohl man das von einem Referenten der *Nature* sollte erwarten dürfen. Weder die Röntgentechnik noch der deutsche Mikroskopbau wurzelt in Gedanken, die aus England stammen, dafür aber der Magnetzünder, der auf der Ausstellung reichlich vertreten ist und für den die Engländer — merkwürdig genug — ebenfalls auf Deutschland angewiesen waren. Daß die Engländer, denen Faraday die Entdeckung der Induktionselektrizität beschert hat, es unterlassen haben, diese Zünder zu konstruieren, und es Deutschland überlassen haben, diese Industrie zu entwickeln, wenigstens dafür hat die *Nature* die richtige Erklärung: „laxity on our part“.

Den Deutschen aus ihrem Fleiß einen Vorwurf zu machen, ja, sie darum zu beschimpfen, ist ebensowenig andern vorbehalten. Die *Science* vom 20. Dezember 1918 bringt einen Aufsatz, der an Beschimpfungen aller nur erdenkbarer Art und Verleumdungen der deutschen Gelehrten wohl das Tollste ist, was die Kriegspsychose auf diesem Gebiete erzeugt hat. Auf Einzelheiten einzugehen, wäre so sinnlos, wie die Ausführungen selber es sind. Erwähnenswert ist nur, daß der Verfasser — er gehört zum Bureau of Standards — aus eigener Erfahrung (from personal knowledge) über die deutschen Gelehrten zu schreiben vorgibt. Nach seiner „Kenntnis“ haben die deutschen Universitäten ihre Lehrer zum großen Teil aus dem Ausland. „Ihr Besoldungssystem ist äußerst biegsam im Vergleich mit unserem, und sie holen ihre Lehrer reichlich aus Rußland, Holland und der Schweiz.“ Ein Drittel der bekannteren deutschen Gelehrten seien Ausländer, ein großer Teil der bekannteren deutschen Fabrikanten stamme aus Frankreich, Italien, England oder Amerika, da der Erfinder nach Deutschland gegangen sei, um sich dort die Gelegenheit zur Entwicklung seiner Ideen, die er zu Hause nicht benutzen konnte, zu sichern. — Das sind die einschlägigen Kenntnisse eines Mannes, den eine Zeitschrift wie die *Science* sich über die deutschen Gelehrten und ihre Leistungen austoben läßt. „Reue verbrennen wir jetzt“, so schreibt er, „unsere deutschen Bücher und vermeiden geflissentlich, irgend etwas in dieser Sprache zu lesen. Wir sind überrascht, wie gut wir ohne eine Zeile in dieser Sprache vorankommen können und wie wenig wir dieser Nation tatsächlich verdanken.“ — Wer erinnert sich da nicht des Zarathustrawortes: Als ich im Schlafe lag, da fraß ein Schaf am Epheu Kranz meines Hauptes, — fraß und sprach dazu: „Zarathustra ist kein Gelehrter mehr.“

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 21. (Seite 371—386)

23. Mai 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die Mimikry als Prüfstein phylogenetischer Theorien. Von *Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Study, Bonn.* S. 371.

Vermittelt das Labyrinth der Fische Gehörs-
wahrnehmungen? Historisch-kritische Dar-

stellung der Frage und der Versuche zu ihrer
Lösung. Von *Geh. Med.-Rat Prof. Dr. O. Körner,
Rostock.* S. 378.

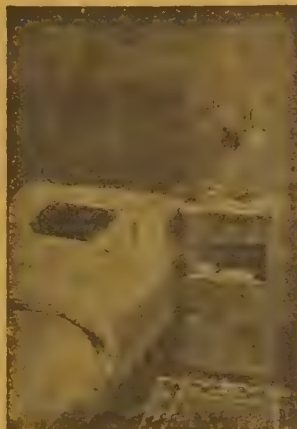
Die Kristallbaustile. Von *Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.
F. Rinne, Leipzig.* S. 381.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

• Drei Wärmegrade
—
Kein Zuheisswerden
—
Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung
der
Fabrik Dr. Heilbrun
Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuscripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 88.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52 maliger Wiederholung
10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050–53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Gg. Leisegang } Potsdamerstr. 138
Berlin } Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Wissenschaftliche Bücher über
Naturwissenschaft, Geographie, Geologie
billig verkäuflich. (159)
Charlottenburg, Cauerstr. 32 I 1.

Verlag von Julius Springer in Berlin

Altes und Neues
aus der Unterhaltungsmathematik

Dr. W. Ahrens
in Rostock

Mit 51 Textfiguren

Preis M. 5.60

(+ 10% Teuerungszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Fluglehre

Vorträge über Theorie und Berechnung der Flugzeuge in elementarer Darstellung

Von Dr. Richard von Mises

Professor an der Universität Straßburg i. E.

Mit 113 Textabbildungen — Preis M. 8.—*

*) Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Die Mimikry als Prüfstein phylogenetischer Theorien.

Von E. Study, Bonn.

In dem Streit um die Lehre Darwins hat „das Parade Pferd des Darwinismus“ besonders im Kampfgetümmel gestanden. Was dem einen als festeste Stütze einer wertvollen Theorie erschien, galt dem anderen als Ausgeburt wüster Phantasie, und so ist es auch noch heute. Aber dieses Hin und Her der Meinungen ist trotz vieler Bizarrien und Mißverständnisse¹⁾ nicht ganz fruchtlos geblieben. Namentlich sind weitere Beobachtungen dadurch veranlaßt worden. Forscher, die das Glück hatten, längere Zeit in tropischen Ländern zu verweilen, haben allmählich einen bedeutenden Reichtum wertvollsten Materials zusammengebracht, das wohl geeignet ist, Licht auf einige der großen Probleme der Biologie zu werfen. Sicher wird gut tun, sich um diese leider sehr verstreute Literatur zu kümmern, wer sich um eine im guten Sinne des Wortes „philosophische“ Auffassung der Natur bemühen will. Sieht es doch heute mehr denn je so aus, als ob die Frage nach der stammesgeschichtlichen Bedeutung der Selektion, die Frage also nach dem Erklärungswerte von Darwins Grundgedanken, einer unmittelbar aufs Ziel gerichteten Behandlung gar nicht zugänglich sei. Zwar kann die Existenz einer gewissen Regulationswirkung der Selektion nicht mehr zweifelhaft sein, trotz des Widerspruchs Solcher, die zur modernen Erblichkeitslehre kein inneres Verhältnis gewonnen haben. Aber mit dieser Einsicht ist nicht Allzuvielen gewonnen, ist die quantitative Seite der Sache noch nicht einmal berührt. Weder weiß man, wie zahlreich und vielgestaltig die oft unkenntlichen, unter anderen Arten des Variierens versteckten erblichen Neubildungen — die gegenwärtig (nach *de Vries*) sogenannten *Mutationen* — produziert werden, noch wie rasch in irgendeinem abgeschlossenen Zeugungskreis ihre Dezimierung erfolgt, wenn sie ungünstig sind. Ja es wird sich kaum leugnen lassen, daß in einzelnen Fällen Neubildungen, die die Lebenskraft einer natürlichen Art schmälern mußten, dennoch die Oberhand gewinnen konnten (Entwicklung exzessiver Organe und ungünstiger Instinkte). Es ist hiernach nicht ohne weiteres klar, ob die Selektion auch nur das zu leisten vermag, was gemäßigte Befürworter heute noch für sie in Anspruch nehmen: ob nämlich

mit ihrer Hilfe das Zustandekommen der oft verwickelten Anpassungen der Lebewesen sich wenigstens in großen Zügen und so weit wird verständlich machen lassen, als der dunkle Ursprung der Mutationen es zuläßt. Ja wir hören von berufenster Seite, durch die Ergebnisse der Erblichkeitsforschung sei der Selektionstheorie die Grundlage entzogen worden (*die Grundlage!!*). Das Experiment gibt uns also, vorläufig wenigstens, eine genügende Auskunft nicht¹⁾.

Nicht besser sieht es um die *Paläontologie* aus. Durch „orthogenetische“ Entwicklungsprozesse, deren Realität hier nicht erörtert werden kann, deren Vorkommen aber auch nicht in Frage gestellt werden soll, können Anpassungszustände, wie sie sich in verwickelten Organen und Instinkten zeigen, sicher nicht entstanden sein. Bestenfalls weist uns die *Paläontologie* den Weg, den der organische Fortschritt im Großen eingeschlagen hat, sie lehrt aber gar nichts über das *Kraftespiel im Kleinen*, das dabei stattgefunden haben muß. Nirgends sehen wir da eine „Welt-

¹⁾ In der „Kultur der Gegenwart“, Band Allgemeine Biologie (1915) liest man auf Seite 659:

„Zunächst ist es völlig evident, daß die Genetik die Grundlage der Darwinschen Selektionslehre völlig beseitigt hat Indem aber . . . Darwins theoretische Voraussetzungen in bezug auf Vererbung prinzipiell unrichtig waren, und indem ferner die ihm zu Gebote stehenden, an und für sich richtigen Erfahrungen über Selektionserfolge bei völlig fehlender Analyse überhaupt nicht richtig gedeutet werden konnten, findet die Darwinsche Selektionslehre absolut keine Stütze in der Genetik — und welche Stütze hätte sie sonst?“ (!)

Der letzte Satz enthält ein sehr abfälliges Urteil über Darwins Lebenswerk. Was Herr *Johannsen* wohl von den Wissenschaften halten mag, die überhaupt nicht experimentieren können, wie z. B. *Paläontologie*?

Übrigens ist das Angeführte gerade in dem Punkte unzutreffend, auf den es ankommt, sogar nach *Johannsens* eigener Darstellung. Haben sich doch auch in den Kulturen öfter unzweifelhafte Mutationen gezeigt. Man braucht nur anzunehmen, daß dieser Vorgang sich von Zeit zu Zeit wiederholt, um von der modernen Genetik aus zu eben den Folgerungen zu kommen, die *Darwin* an die von ihm allerdings nicht analysierten Erfahrungen der Gärtner und Tierzüchter geknüpft hatte.

Zu beachten ist auch, daß *Darwin* keineswegs ausschließlich mit „fluktuierenden“ Variationen (Modifikationen und Kombinationen) gerechnet, sondern auch schon die heute so genannten Mutationen in Betracht gezogen hatte. Man hat daher in den theoretischen Voraussetzungen der ursprünglichen Selektionslehre nur ein Zuviel zu streichen, nicht aber Neues hinzuzufügen.

Auch *de Vries* scheint mir seinem großen Vorgänger nicht überall gerecht geworden zu sein.

¹⁾ Einzelne haben es sogar fertig gebracht, den Terminus Nachahmung buchstäblich zu nehmen.

linie“ mit deutlicher Tangente, sondern überall einen breit dahinrollenden Strom. Der Verlauf der einzelnen Strömungsfäden läßt sich nicht erkennen, und noch weniger läßt sich dem paläontologischen Befund entnehmen, warum so viele von ihnen erloschen sind. Zwar lehrt die Paläontologie, daß eine Umgestaltung von Organen vielfach mit Änderungen ihres Gebrauchs zusammenhängt. Daß aber die Ursache solcher Umbildungen, die das Leben der Einzelwesen überdauern konnten, in unmittelbaren physiologisch-verständlichen Gebrauchswirkungen zu suchen ist, wie viele Paläontologen und auch andere Forscher „lamareckistischer“ Richtung es mit größter Bestimmtheit behaupten, kann nicht gefolgert werden. Der übliche Schluß *Simul ergo propter* ist rettungslos falsch, die anzunehmende Kausalverkettung kann auch eine ganz andere Beschaffenheit gehabt haben¹⁾. Kurz, auch die Paläontologie muß die Ursachen des stammesgeschichtlichen Geschehens im Dunkeln lassen²⁾.

Und schließlich ist durch *Beobachtung der Tiere und Pflanzen in ihrer natürlichen Umgebung* eine unmittelbare Einsicht in die Bedeutung der Selektionswirkung wie auch etwaiger anderer Ursachen einer fortschreitenden Umbildung ebensowenig zu erhoffen. Auch da sehen wir nur die Wellen, die den Strom des Lebens an der Oberfläche kräuseln. Allzu langsam arbeiten ohne Zweifel fast alle stammesgeschichtlich bedeutungsvollen Vorgänge, wo immer es sich nicht gerade um Konkurrenz und Verdrängung schon getrennter Zeugungskreise handelt, und Allzu vieles, zudem sicher auch völlig Unbekanntes, ist da überlagert, als daß es in der Regel gelingen könnte, einen einzelnen Faktor auch nur in Gedanken zu isolieren und seinen Wirkungen in der Zeit zu folgen. Es verhält sich hiermit ähnlich wie mit langsamen Änderungen klimatischer Zustände, die ebenfalls nicht mit Hilfe von Beobachtungen einiger Jahrzehnte aus dem steten Wechsel von Wind und Wetter herausgelesen werden können.

Unter diesen Umständen kann von der Verwertung eines möglichst umfassenden Induktionsmaterials und von der Ausnutzung *aller* nur zur Verfügung stehenden Forschungsmethoden nicht wohl abgesehen werden. Schon Darwin selbst hatte solche Schwierigkeiten lebhaft empfunden,

und eben darum hat er eine so ungeheure Fülle von Stoff zusammengebracht und in den Dienst seiner Sache zu stellen gesucht. Methodisch kommen noch *das deduktive Verfahren* (insbesondere die *reductio ad absurdum*) und *die Anwendung erkenntnistheoretischer Grundsätze* in Betracht — eben die Mittel, mit denen seinerzeit der Botaniker Wigand die Theorie Darwins zu vernichten gedachte³⁾. Gegenwärtig scheinen freilich sowohl Darwins Indizienbeweise als auch die beiden letzten Argumentationsarten bei der Mehrzahl der Biologen in geringem Ansehen zu stehen. Mißgriffe, die im Namen der Methoden begangen worden sind, legt man diesen selbst zur Last, auch werden auf die Experimentalforschung öfter übertriebene Hoffnungen gesetzt.

Das deduktive Denkverfahren, die Methode der Mathematik, steht keineswegs in feindlichem Gegensatz zu Erfahrung und Induktion (wie es die Meinung nicht Weniger zu sein scheint), sondern es ist deren unentbehrliche Ergänzung. Eben weil Irrtümer in den Prämissen in die Folgerungen übergehen und so vervielfältigt werden, muß man nach Möglichkeit diese Folgerungen ziehen, um sie auf ihre *Widerspruchsfreiheit* und sonstige *Glaubwürdigkeit* hin zu prüfen.

Namentlich ist alles aufzusuchen, was eine Kontrolle in der Erfahrung zuläßt. Wo Einseitigkeit und Gleichgültigkeit gegenüber unbequemen Folgerungen die Oberhand gewinnen, da kann eine Theorie zu ganz unverdientem Ansehen kommen.

Erkenntnistheoretische Grundsätze sind überhaupt nicht zu entbehren. Ein Jeder wendet sie an, mit Einschluß Derer, die von ihnen wie von aller „Philosophie“ mit tiefster Verachtung reden. Das ist ganz selbstverständlich. Irgendetwas will man doch, irgendeine, wenn auch vielleicht nur dumpfe Vorstellung vom Sinn und Wesen der Wissenschaft muß wohl selbst der haben, der sie lediglich um eines handgreiflichen Nutzens willen treibt und schätzt. Fraglich kann also höchstens sein, ob man so etwas unausgesprochen lassen oder ausdrücklich formulieren soll. Handelte es sich nun um Ansichten, die wirklich Gemeingut aller Forscher wären, oder um Vorschriften, die wenigstens in der Praxis überall befolgt würden, so würde gegen das erste Verfahren nicht viel einzuwenden sein. So liegt aber in der allgemeinen Biologie die Sache nicht. Ein schier unendliches Aneinandervorbeireden ist eben dadurch verursacht worden, daß so ziemlich ein Jeder die eigenen nicht immer geklärten Grundsätze als selbstverständlich ansieht und sie, oft irrtümlicherweise, auch bei Anderen voraussetzt. Ich

¹⁾ Es wäre von Interesse, einmal zu erfahren, wie es nach lamareckistischer Vorstellung zugegangen sein soll, daß die Vögel ihre Zähne verloren haben. Haben die Vorfahren der heutigen Vögel ihr Gebiß etwa nicht gebraucht und wie fraßen sie dann? — Auch pneumatische Knochen im Zusammenhang mit der Tätigkeit des Fliegens sowie die phylogenetische Entstehung des Schlangengiftes dürften die Beachtung lamareckistischer Forscher verdienen; und noch vieles dergleichen, wovon sie nie gesprochen haben.

²⁾ Vgl. M. Neumayr, *Stämme des Tierreichs*, 1889, S. 118, und H. de Vries, *Mutationstheorie I.*, 1906, S. 49.

Leider haben diese Warnungen nur wenig Beachtung gefunden.

³⁾ Wigands in den Jahren 1874—1877 veröffentlichtes dreibändiges Werk trägt den Titel: *Der Darwinismus und die Naturforschung Newtons und Cuviers*. Die Forschungsweise Darwins sollte zu den sonst bewährten Methoden der Naturwissenschaft in unversöhnlichem Gegensatz stehen. Für die von Wigand und vielen Späteren vorgeführten Zerrbilder der Selektionstheorie trifft das auch so ziemlich zu.

halte es also für angezeigt, die meinigen, die ich hier natürlich nicht begründen kann, wenigstens in Kürze anzugeben. Die Punkte, auf die es im vorliegenden Zusammenhang besonders ankommt, scheinen mir die folgenden zu sein:

„Erklärungen“ (die immer in der Abbildung einer angenommenen Verkettung von Erscheinungen auf eine logische Verkettung bestehen) müssen so gebildet werden, daß sie uns auch wirklich geistig fördern — also nicht nach dem Muster der *virtus dormitiva* des Opiums. Bloße Umschreibungen von Tatsachen sollen also nicht für Erklärungen ausgegeben und hingenommen werden. Verschiebung der Schwierigkeit bedeutet nicht Lösung eines Problems. Die überall unentbehrlichen *Hypothesen* sollen stets so beschaffen sein, daß durch ihre Einführung die Menge des Nur-Empirischen oder sonst noch Unverstandenen verringert wird. (Im wesentlichen nach *E. Mach*.) Zur Annahme noch unbekannter, nicht unmittelbar nachweisbarer Naturkräfte soll man nicht greifen, bis man sich überzeugt hat, daß wirklich nichts Anderes übrig bleibt. Namentlich genügt Komplikation der Erscheinungen zur Motivierung einer solchen Hypothese nicht. Gleichartige Wirkungen sollen nicht ohne Not auf verschiedenerlei Ursachen zurückgeführt werden (Zweite von *Newtons Regulae philosophandi*, als „Prinzip der Sparsamkeit“ irrtümlich *Avenarius* und *Mach* zugeschrieben). Wo Zufälligkeiten angenommen werden und also auf Erklärung verzichtet werden soll, da ist das gehörig zu motivieren. Es ist dazu immer die *Wahrscheinlichkeit* solcher Ereignisse abzuwägen, da doch auch diese überall in der Natur bestimmten Gesetzen folgen (Mathematische Statistik, Theorie der Beobachtungsfehler, Zahlenverhältnisse bei Vererbungserscheinungen). Zum Beispiel wäre es töricht, die Ringgestalt der Gebirge auf dem Monde als zufällig hinzustellen.

Zu diesen allgemeinen Regeln wird für die Biologie noch die besondere Warnung zu fügen sein, daß nicht „Allzumenschliches“ in die Natur hineingedeutet werde. Enthielte z. B. die Selektionstheorie im Begriff des Nutzens oder der „Zweckmäßigkeit“ einen Anthropomorphismus — wie es immer wieder behauptet wird —, so müßte sie aus diesem Grunde abgelehnt werden. Die Verweisung auf einen Schöpfer und eine gewisse Art des Operierens mit „psychischen“ Faktoren haben in der Wissenschaft auch schon darum keine Stelle, weil sie mit der *virtus dormitiva* auf gleicher Stufe stehen.

Mit solchen Kriterien, zwar nicht der Wahrheit und des Wertes, wohl aber des Gegenteils davon, kann man sicherlich weiter kommen, als wenn man immer nur auf dem geradesten Wege, und dann öfter mit dem Kopf durch die Wand, auf das Ziel losgehen will. Jedenfalls ist eine kurzatmige Logik, die nur gelten lassen will, was ohne viel Kopfzerbrechen aus Beobachtungen abgelesen werden kann, ganz anderen Möglich-

keiten des Irrtums ausgesetzt. Ist doch in allen Naturwissenschaften das Schwierigste die richtige Deutung des Gesehenen; so daß man staunen muß, welche Sicherheit gerade solche Biologen, die alle von ihnen so genannte Spekulation in Grund und Boden verdammen, bei der theoretischen Verwertung gewisser Versuchsergebnisse an den Tag legen¹⁾.

Bei den Versuchen, das Zustandekommen sogenannter *Anpassungen* verständlich zu machen, handelt es sich nie und nirgends um die Tatsache des Lebens selbst (wie *G. Wolff* in seiner bekannten Kritik des Darwinismus — und Lamarckismus — es mit fast unglaublichem Mißverständnis dargestellt hat). Es sind Änderungen und *nur* Änderungen der zu irgendeiner Zeit vorhandenen Zustände zu erklären, und solche Versuche sind nicht sinn- oder hoffnungslos, auch wenn man die Grundtatsachen des Lebens gar nicht versteht. Ein freilebendes Tier wurde zum Schmarotzer, ein Klettertier zum Flugtief, eine Landpflanze zur Wasserpflanze oder umgekehrt — wie ging es dabei zu?

Die *Mechanolamarckisten*, zu denen gegenwärtig die meisten deutschen Biologen (und Mediziner!) und fast alle Paläontologen gehören sollen, lassen Anpassungen zunächst persönlich erworben werden, als Wirkungen von Reizen der Außenwelt, gewöhnlich durch veränderten Gebrauch, auch Nichtgebrauch, der vorhandenen Organe. Solche Verbesserungen sollen den folgenden Generationen zugute kommen, ganz oder zum Teil auf sie „vererbt“ werden können — zwar nicht immer, aber doch häufig; übrigens, was wohl zu beachten ist, unter völlig unbekannten Bedingungen.

Die *Neodarwinisten* lassen die erblichen Neubildungen ausschließlich in der Folge der Keim- oder Stammzellen entstehen (*A. Weismann*), und zwar immer in großen oder kleinen diskreten Schritten, also „sprunghaft“ von einer Stammzelle zur nächsten — durch „Mutation“ (*H. de Vries*). Auch die vollkommensten Anpassungen sollen dann durch „natürliche Auslese“ aus den so erzeugten „Streukegeln von Möglichkeiten“ und durch Summation der erhalten gebliebenen Mutationsprodukte zustande kommen.

Zu diesen Theorien, die von manchen einseitig genannt werden, tritt dann noch der (*modernisierte*) ältere Darwinismus, dem man, mit mindestens demselben Rechte, den Kosenamen einer Schaukeltheorie anhängen kann. Er neigt sich nämlich bald dieser, bald jener Ansicht zu,

¹⁾ Ich denke hier an die angeblichen Beweise einer Erblichkeit funktioneller Anpassungen („erworbener Eigenschaften“). Näheres darüber bei *W. Johannsen*, Elemente der exakten Erblichkeitslehre, 2. Ausgabe, 1913, S. 425—465. *W. Bateson*, Problems of Genetics, 1913, S. 187—211. Vgl. auch *E. Baur*, Einführung in die experimentelle Vererbungslehre, 1914, S. 318—323.

je nachdem ihm die eine oder andere geringere Schwierigkeiten zu bieten scheint.

Das Für und Wider dieser Lehrmeinungen kann hier nicht nach allen Seiten hin erörtert werden: Nur davon soll die Rede sein, welches Licht das Studium der Mimikry auf solche Probleme zu werfen vermag. Denn in diesem Erscheinungskomplex scheint eine Urteilsbildung leichter möglich zu sein, als unter vielen anderen Umständen. Während sonst die Natur einem frei schaffenden Künstler verglichen werden kann, gleicht sie hier dem, der ein schon vorhandenes Kunstwerk nachzubilden sucht, aber an eine vorgeschriebene Technik oder Sprache gebunden ist. Damit ist dann ein besserer Maßstab für den *biologischen Wert* des Erreichten gegeben, als man ihn in anderen sonst ganz gleichartigen Fällen besitzt.

Was unter *Mimikry* zu verstehen sei, darf in der Hauptsache wohl als bekannt gelten. Bringen doch selbst unsere beiden großen Konversationslexika kurze Artikel darüber und ganz gute farbige Bildertafeln. Vor allem aber haben wir seit einigen Jahren ein treffliches kleines Werk, mit dessen Hilfe sich ein Jeder über das Tatsächliche der Erscheinung und auch über die theoretische Seite des Stoffs unterrichten kann¹⁾. Hier soll daher auf Tatsächliches nur ganz kurz hingewiesen werden, damit der Leser an das erinnert werde, was zum Verständnis der Folgerungen nötig ist.

Ich werde das Wort *Mimikry* stets in dem weiteren Sinne gebrauchen, den es ursprünglich gehabt hat, also derart, daß auch „schützende Ähnlichkeit“ eines Tieres (oder einer Pflanze) mit unbelebten Gegenständen eingeschlossen wird. Allerdings verfäht der gegenwärtig vorherrschende Sprachgebrauch anders. So erklärt *Jacobi*, unter wohl allzu schroffer Ablehnung anderer Definitionen:

Schützende Ähnlichkeit täuscht die Erscheinung eines Gegenstandes ohne Eigenbewegung vor, der die Aufmerksamkeit eines Feindes nicht auf sich lenkt — das Schutzmittel ist Verborgenheit.

Schützende Nachäffung oder *Mimikry* läßt das Tier einem beweglichen Gegenstande ähneln, der seinen Feinden bekannt ist und von ihnen gemieden wird — das Schutzmittel ist Sichtbarkeit.

¹⁾ *H. Jacobi*, *Mimikry und verwandte Erscheinungen*, 1913. — Das wichtigste Werk über die Mimikry der Insekten ist trotz verschiedener Mängel, die in den Lebensumständen des Verfassers ihre Quelle hatten, noch immer das von englischen Autoren sehr ungerecht beurteilte Buch von *E. Haase*, *Untersuchungen über die Mimikry auf Grund eines natürlichen Systems der Papilioniden*, 1903 (auch in der *Bibliotheca zoologica* Bd. VIII). Weitere Literatur bei *Jacobi*, vieles Wertvolle auch in den „Großschmetterlingen der Erde“, besonders in einleitenden Artikeln des Herausgebers *A. Seitz*.

Wenn ich nun auch gerne zugeben will, daß solche Begriffsumgrenzungen konventionell und in hohem Maße Geschmackssache sind, so will es mir doch scheinen, daß durch die bezeichnete Trennung das Gefühl dafür beeinträchtigt werden kann, daß ein durchaus *einheitliches* Erscheinungsgebiet vorliegt; und das ist gar nicht so unwichtig¹⁾. Zu den „beweglichen Gegenständen“ gehören ohne Zweifel die Schmetterlinge; wenn aber ein solches Tierchen im Sitzen, also im Zustande der Ruhe, nachgeahmt wird, was sehr oft vorkommt, so paßt der Nachahmer schon nicht genau in eine der zwei Kategorien. Ich kann zwischen solchen Nachahmern und anderen, die nicht Falter, sondern Blätter kopieren, keinen tiefgehenden Unterschied finden. Das Schutzmittel eines Falters aber, der sich unter einen Schwarm ähnlich aussehender gemiedener Falter mischt, ist ganz gewiß nicht „Sichtbarkeit“. Seetang, der u. a. von einigen Fischen nachgeahmt wird, ist beweglich oder nicht, je nachdem das Wasser bewegt ist oder nicht, in dem er wächst: Die Beweglichkeit ist nicht das Entscheidende bei dieser Art von Nachahmung. In Patagonien leben einige Spinnen, über die *W. R. Hudson* in seinem prachtvollen Buche *The Naturalist in La Plata* berichtet. Diese haben die auch sonst häufige Gewohnheit, sich bei Beruhigung fallen zu lassen, wobei sie einen Seidenfaden nach sich ziehen. Im Fallen gleichen sie nun dünnen oder grünen Blättern, und zwar beide Male auch in bezug auf die Geschwindigkeiten des Fallens. Handelt es sich nicht um eine rein zufällige Übereinstimmung — die hier vielleicht nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann —, so haben wir wieder ein anderes Mittelding zwischen den beiden Kategorien vor Augen. Auch kommt es vor, daß ein Käfer das höchst ungewöhnliche Aussehen einer haarigen Raupe aus seiner Umgebung hat (*Desmophora fasciculata* in Nicaragua, nach *Belt*). Ist nun diese Raupe ein „beweglicher Gegenstand“²⁾ Mimikry im weiteren und Mimikry im engeren Sinne oder *eigentliche Mimikry* (Nachahmung geschützter Tiere durch Tiere) dürften unter diesen Umständen angemessene Termini sein.

Wichtiger als die genannte Unterscheidung scheint mir eine andere. Es dürfte sich methodologisch empfehlen, *Vortäuschung von Gleichartigkeit durch morphologisch feststellbare Einrichtungen* von einer *Vortäuschung von Gleichartigkeit durch geeignetes Verhalten* zu trennen. Bei der Mimikry der Tiere, die fast allein in Betracht kommt, spielt freilich beides gewöhnlich

¹⁾ Wirklich hat der holländische Entomologe *Piepers* den Versuch gemacht, die Mimikry-Erscheinungen zu verzetteln, sie aus einer Menge verschiedener Wurzeln entstehen zu lassen: Mimikry, Selektion, Darwinismus, 1903. Vorher war teilweise schon *Eimer* so verfahren.

²⁾ Außerdem ist noch einzuwenden, daß die sogenannte aggressive Mimikry, auf die hier nicht eingegangen werden kann, von der angeführten Definition nicht umfaßt wird.

ineinander. Es besteht aber der für die Praxis der Forschung wichtige Unterschied, daß man Ähnlichkeit von Gestalt, Zeichnungsmustern und Farben meistens schon an konservierten Sammlungsexemplaren feststellen kann, während im anderen Falle immer eine Beobachtung erfordert wird, die nur Wenige und auch diese nur an einzelnen Objekten auszuführen in der Lage sind. Zudem erfordern beide Arten der Nachahmung unter Umständen eine ganz abweichende Beurteilung. Zwischen den allerverschiedensten Gegenständen kann man ja Ähnlichkeiten herausfinden. Der ungarische Zoologe Géza Entz sen. hat eine Menge solcher Dinge zusammengetragen¹⁾. Darunter sind so wunderliche Zusammenstellungen wie Haifischzähne und Papageienzungen. Es gibt Termitennester, die die Form von Hutpilzen haben, und dieses Beispiel ist zwar ebenfalls bizarr genug, aber doch nicht gerade an den Haaren herbeigezogen. Ich erinnere auch an jene Infiltrationen, die von Unkundigen für Abdrücke vorweltlicher Moose gehalten werden, und an die Liesegangschen Figuren, deren oberflächliche Ähnlichkeit mit Augenflecken auf Schmetterlingsflügeln wohl überschätzt worden sein dürfte. Außerliche Übereinstimmungen zwischen Lebewesen mögen auf vielerlei Arten zustande kommen. Sind sie einmal da, so können sie hinterher ausgenutzt werden. So meinte M. Wagner die auffälligen Anpassungen erklären zu können, die sich bei allerlei Tieren des Sargassomeeres finden. Allerdings ist diese besondere Anwendung schwerlich haltbar, der Gedanke selbst aber ist doch wohl einwandfrei²⁾. Ebenso kann es umgekehrt vorkommen, daß verbreitete Gewohnheiten durch Hinzutreten körperlicher Einrichtungen eine neue biologische Bedeutung gewinnen (Art des Sitzens bei *Phyllodes*, *Cricula* usw.). Diese Extreme sind nicht zu überschätzen, gewöhnlich werden sich wohl die augenfälligen körperlichen Eigentümlichkeiten zusammen und abwechselnd mit Instinkten (im geologischen Sinne gleichzeitig) eingestellt und gesteigert haben.

Treffen körperliche Einrichtungen mit geeigneten Instinkten zusammen, so wird sehr die Wahrscheinlichkeit dafür eingeschränkt, daß der Beobachter durch eine zu lebhaftes Phantasie in die Irre geführt worden ist. (*Trochilium apiforme* und gewisse Syntomiden und Heuschrecken, die ebenfalls Wespen gleichen, scheinen auch stechen zu wollen.) Wiewohl sich Beispiele genug für anthropomorphistische Entgleisungen anführen lassen, und recht krasse dazu, ist doch wohl die weit überwiegende Mehrzahl der Erscheinungen, die für Mimikry in Anspruch genommen werden, als objektiv anzuerkennen.

Es soll jetzt davon abgesehen werden, daß hier oder dort ein bloßer Irrtum vorliegen mag, oder daß einzelne Ähnlichkeiten vielleicht wirklich nur für den menschlichen Beobachter da sein werden.

Objektive Ähnlichkeit kann nun in der Stammesgeschichte auf recht verschiedene Arten zustande kommen.

Die gewöhnlichste Art solcher Übereinstimmungen — die dann nicht nur äußerlich sind — beruht auf Verwandtschaft, d. h. auf dem Dasein gemeinsam ererbter Entwicklungsanlagen. Aber Verwandtschaft, nämlich ein engerer Grad von Verwandtschaft, ist für das Vorliegen von Mimikry (von eigentlicher Mimikry) weder notwendig noch hinreichend. Nur soviel läßt sich aus den Tatsachen entnehmen, daß da, wo verwandtschaftliche Beziehungen mit noch zu besprechenden anderen Umständen zusammentreffen, ein echtes Mimikryverhältnis sich besonders häufig gebildet hat.

Man kann sich denken, daß die Mimikryerscheinungen zu allerlei Täuschungen über den Verwandtschaftsgrad von Lebewesen führen mußten. Einem Gegner der selektionistischen Mimikrytheorie ist sogar ein in seinem Falle besonders peinliches Mißgeschick zugestoßen: er hat einen neu zu beschreibenden Falter in eine falsche Familie untergebracht. Besonders viele Schwierigkeiten hat in dieser Hinsicht die alte Gattung *Papilio* geboten, die erst durch E. Haases Zerlegung dieser allzu umfangreichen Gattung in drei Sektionen oder besser Gattungen (*Pharmacophagus*, *Papilio sensu stricto*, *Cosmodesmus*) behoben worden sind.

Weitere Denkmöglichkeiten für das Zustandekommen von Ähnlichkeiten sind zunächst:

1. Ein reiner Zufall, wovon schon kurz die Rede war;

2. die Annahme von Entwicklungsgesetzen, die auch ohne Verwandtschaft, aber doch „aus inneren Ursachen“ eine gleichartige Erscheinung verschiedener Lebewesen sollen hervorrufen können;

3. Konvergenz zufolge des Vorkommens gemeinsamer Faktoren in den äußeren Bedingungen.

Bei der Zufallshypothese handelt es sich nicht etwa um so harmlose Dinge, wie z. B. die Tatsache, daß Braun, die Grundfarbe der meisten Insekten, auch sonst noch vielfach in der Natur wiederkehrt, und daß die Tierchen dann an ihren Wohnorten ohne weiteres einen gewissen Schutz genießen. Nein, wir sollen glauben, daß selbst so wunderbare Ähnlichkeiten von Insekten mit Blättern, wie wir sie z. B. bei den Faltern *Zaretas strigosus*, *Kallima paralecta*, *Siderone mathesia* (ide), *Phyllodes ornata* antreffen, und wie sie womöglich noch schöner bei gewissen Locustiden und Phasmiden vorkommen (*Pterochroza*, *Phyllium*) einem reinen Zufall ihre Entstehung ver-

¹⁾ Die Farben der Tiere und die Mimikry. Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn Bd. 24, 25 (1905?).

²⁾ S. F. Doflein, Schutzanpassung und Ähnlichkeit. Biologisches Centralblatt Bd. 28, 1908, S. 243.

danken (Eimer, Piepers). Zufällig muß dann auch die verblüffende Ähnlichkeit des berühmten madagassischen Käfers *Lithinus nigrocristatus* mit der Flechte *Parmelia crinita* sein, auf der er zu hause pflegt. Das Unwahrscheinlichste, hier wird es befremdlich oft Ereignis — nach der Meinung der Autoren. Bei der eigentlichen Mimikry werden die Tatsachen der geographischen Verbreitung in diesem Zusammenhang teils gar nicht berücksichtigt, teils finden sie nur eine gezwungene Deutung; so in dem schon erwähnten Versuch von M. Wagner, der die heute im Sargassomeer vereinigten Tierarten fix und fertig aus allen Windrichtungen dort zusammenströmen ließ. Richtig, aber (vom Standpunkte der „Nützlichkeitstheorie“ aus gesehen) auch selbstverständlich ist, daß wirkliche Mimikryverhältnisse sich nur da bilden konnten, wo eine gewisse äußere Ähnlichkeit schon vorhanden war, und diese mußte dann gewiß recht oft zufällig sein.

Daß die Zufallshypothese für die Erklärung der Mimikry nichts leistet, wird übrigens ziemlich allgemein erkannt. Eben diesem Umstand verdankt ja wohl die zweite der genannten Hypothesen ihr Dasein. Ihr Urheber war der Zoologe Th. Eimer, der nach seinem Tode zu großem Ansehen gekommen und einer der Kirchenväter des modernen Lamarckismus geworden ist¹⁾. Andere, wie Piepers und Géza Entz, haben ihm Gefolgschaft geleistet. Eimer war ein sehr phantasiereicher, aber längst nicht ebenso kritischer Kopf. In einer Spielart des Segelfalters, die er bei Tübingen gefangen hatte, sollte heutigen Tages noch „die Grundzeichnung aller Schmetterlinge“ erhalten sein! Besonders gern sprach dieser Autor von allerlei „Entwicklungsgesetzen“, die er gefunden zu haben glaubte. Ein „Gesetz“ der männlichen Präponderanz vertrug sich bei ihm mit einem „Gesetz“ der weiblichen Präponderanz. Hier kommt in Betracht seine Lehre von einer „unabhängigen Entwicklungsgleichheit“ (Homöogenese), die auch bei Paläontologen Anklang gefunden hat. Damit war z. B. gemeint, daß Schmetterlinge aus weit getrennten Familien, wie das berühmte Paar *Papilio Laglaizei* (Papilionidae) und *Alcidis agathyrus* (Uranidae) trotz aller sonstigen ziemlich tiefgehenden Verschiedenheiten aus innerer Notwendigkeit in ihrer Stammesgeschichte dieselben Gestalten, Zeichnungs- und Farbenmuster durchlaufen und dann bei zeitlichem Zusammentreffen entsprechender Entwicklungsphasen uns gleiche Gestalt und gleiche Muster zeigen müssen. Eine reine Verlegenheitsauskunft, gleichbedeutend mit dem Verzicht auf jedes kausale Verständnis. Allerdings, wie (oder vielleicht sogar weil) das gleiche

Radikal in die verschiedensten chemischen Verbindungen eingehen kann, so wird auch wohl dieselbe Entwicklungsanlage (dasselbe Gen) sich in weiteren Verwandtschaftskreisen wiederholen und auf ähnliche Art äußern können, wenn die sonstigen Umstände nicht zu unähnlich sind. So wiederholt sich bei den *Rhopalocera*, aber kaum darüber hinaus, recht häufig das gleiche Zeichnungsmotiv, eine Verdunkelung der Spitze des Vorderflügels mit einer Aufhellung in der Mitte und ähnliches mehr. Aber so sonderbar sind die Eimerschen Wachstumsgesetze beschaffen, daß ein ganz spezielles und ausgearbeitetes Muster sich mit souveräner Gleichgültigkeit über die Aderung der Flügel hinwegsetzen kann. Für Struktur und Muster müßten besondere, von einander unabhängige Entwicklungsanlagen angenommen werden, sehr deutlich z. B. in den Falterpaaren

Heliconius hecuba → *Tithorea Bomplandii*,

Heliconius Weymeri → *Tithorea regalis*!

Für so etwas gibt es natürlich keinen Schatten von Begründung. Es ist reine Mystik. Zudem löst diese Homöogenesistheorie bei aller ihrer Willkür nicht einmal die Aufgabe, um derentwillen sie erdacht worden ist. Sie verschiebt nur die ganze Schwierigkeit. Denn zufällig muß doch wohl nun das Zusammentreffen der gleichen Entwicklungsphasen in Raum und Zeit sein — ein Punkt, über den der Erfinder des Gedankens sich vollständig ausgesprochen hat!! Und um was für Zufälle handelt es sich da! In Gegenden von Südafrika hat der polymorphe *Papilio merope* (*dardanus*) nicht weniger als fünf Weibchenformen, deren drei man auch schon aus demselben Gelege erzogen hat. Und zufällig fliegen ebendort fünf Falter aus anderen Familien, die sich gerade in denselben Entwicklungsphasen befinden, wie jene fünf Weibchen, zufällig auch allesamt widerlich sind, während der *Papilio merope* selbst zu den verfolgten Tieren gehört! In dem sogenannten *Lycorea-Ring* vereinigen sich gar gleich zehn verschiedene Familien oder doch Unterfamilien von Schmetterlingen mit noch mehr Gattungen und zahlreichen Arten, und ihre gemeinsame Tracht oder Uniform kommt überhaupt nur in Südamerika vor¹⁾. (Papilionidae: Pierinae, Dismorphiinae; Lycoreinae, Ithomiinae; Heliconinae, Nymphalinae; Erycinidae; Castniidae; Arctiidae.) Und daß man die oft verblüffende Ähnlichkeit eines Falters oder eines Käfers oder einer Heuschrecke oder einer Fliege mit einer Wespe, die äußerst wirkungsvolle Ähnlichkeit von „wandelnden Blättern“, Stabschrecken, Zikaden, Wanzen mit allerlei Pflanzenteilen, die nicht minder täuschende Ähnlichkeit gewisser

¹⁾ Eimers Hauptwerk ist die „Orthogenese der Schmetterlinge, ein Beweis bestimmt gerichteter Entwicklung und Ohnmacht der natürlichen Zuchtwahl bei der Artbildung“. (Unter Mitwirkung von C. Fickert. 1897.)

¹⁾ Verteilt man, wie üblich, die Falterwelt auf fünf Faunengebiete, so ist die Wahrscheinlichkeit dieses Zusammentreffens, wenn es zufällig sein sollte, durch den Bruch $\frac{1}{5^{10}}$, ungefähr ein Zweimilliontel, gegeben. Dabei ist nicht berücksichtigt die enorme, aber nicht zahlenmäßig abzuschätzende Unwahrscheinlichkeit der spontanen Wiederholung eines so speziellen Musters, gleich in zehn Schmetterlingsfamilien!

Spinnen, Heuschrecken, Käfer mit Ameisen, schließlich z. B. auch den erstaunlichen Fall einer Zikade, die den Anblick einer leeren Schmetterlingspuppe darbietet, mit solchen Mitteln durchaus nicht dem Verständnis näher bringen kann, ist selbstverständlich¹⁾.

Eine besondere Mühe hat sich *Eimer*, dessen Ansichten noch ganz neuerdings bei Herrn O. Hertwig Widerhall gefunden haben, mit den Blattschmetterlingen gegeben. „Wachstumsgesetze“ sollten auch die Blattzeichnungen hervorgerufen haben. Es hat aber schon *Weismann* darauf hingewiesen, daß in den am besten ausgeprägten Fällen auf die im wesentlichen radiär gebauten Flügel sich eine bilateral-symmetrische Zeichnung lagert — das Bild eines Blattes mit Haupt- und Nebenrippen. Also haben nicht innere Vorgänge, sondern äußere Ereignisse den Pinsel geführt — das ist die einzig mögliche unbefangene Beurteilung, da man doch nicht an einen Zufall glauben kann. Und übrigens: Bei Tagfaltern, die mit zusammengeklappten Flügeln sitzen, erscheint das Blattbild immer auf der Unterseite der Flügel, und die Hauptrippe geht in der Regel über beide Flügel weg; bei Nachtfliegern steht das Blattbild immer auf der Oberseite, und es geht entweder die Rippe von einer Flügelspitze zur anderen, über Vorder- und Hinterflügel und den Leib des Tieres hinweg (so bei *Oricula*, die mit ausgebreiteten Flügeln sitzt); oder man hat, bei dachförmiger Ruhestellung, auf jedem Oberflügel ein besonderes Blattbild, während der in der Ruhe bedeckte Unterflügel irgendeine andere bunte Zeichnung tragen kann (*Phyllodes*). Bei Heuschrecken der Gattung *Pterochroza* wird das Blattbild auf dem Oberflügel auch noch plastisch modelliert, aus dem ursprünglich sicher radialen Rippenbau hat sich ein regelrechtes System von Blatttrippen entwickelt, die hier — abweichend von *Phyllodes* — auch die für die Täuschung günstigste Stellung haben. Hat das Dasein wirklicher Blätter mit diesen Erscheinungen nichts zu tun, so muß es ganz unverständlich bleiben, warum bei Tagfaltern das Blattbild nicht ebenso oft auf der Oberseite der Flügel, oder in den anderen Fällen, warum es nicht auch öfter auf dem Unterflügel erscheint. Aber *Eimer* und seine Nachfolger haben vor lauter eingebildeten Gesetzmäßigkeiten die wirklichen nicht gesehen.

Also auch hiermit ist es nichts, und im richtigen Gefühl dafür hat man dann noch zu der dritten der angeführten Annahmen seine Zuflucht genommen (*Eimer*, *Piepers*). Bei eigentlicher Mimikry wenigstens soll Konvergenz zufolge ähnlicher Lebensbedingungen über alle Schwierigkeiten hinweghelfen. Und gewaltige Kräfte müssen es dann wohl sein, die die aller verschiedensten Wesen in dasselbe Kleid hineinzuzwängen vermögen. Aber die Lebens-

bedingungen der Mimikrytiere sind nicht gleichartiger als die vieler anderer Tiere, die keine Übereinstimmung in Gestalt und Farben erkennen lassen. Die Raupen der Falter z. B. haben gewöhnlich verschiedene Futterpflanzen. Die Raupe einer *Lycorea* oder *Actiaote* führt das übliche Raupendasein, die Raupe der nachahmenden *Castnia* aber lebt im Inneren von Pflanzenteilen. Sonst haben diese Tiere nichts gemein, als daß sie Schmetterlinge sind und im Tageslicht Blumen besuchen. Noch weniger Gemeinsames besteht natürlich zwischen Wespen und ihren vielerlei Nachahmern aus anderen Ordnungen der Insekten, von denen daher in der lamarckistischen Literatur herzlich wenig die Rede ist. Ein reines Verlegenheitsprodukt sind auch die „geographischen Einflüsse“ von *Piepers*, die sich um Berg und Tal, Wald und Steppe nicht kümmern, wohl aber gleich ganze Kontinente in rätselhaften Zusammenhang mit Gestalt und ganz speziellen Zeichnungsmustern von Schmetterlingsflügeln bringen. Nichts derart ist irgendwie nachzuweisen und keinerlei Förderung unseres Verständnisses ist aus einer solchen Umschreibung der Tatsachen abzuleiten. Leichter noch wäre es, die Beuteltierfauna von Australien als ein Produkt des dortigen Klimas hinzustellen¹⁾. Wo aber die äußeren Bedingungen wirklich dieselben sind, nämlich bei Männchen und Weibchen derselben Art und bei den verschiedenen Gestalten polymorpher Arten, da entwickeln sich aus scheinbar identischen Raupen und Puppen in nicht wenigen Fällen recht verschiedene Falter. Besonders instruktiv sind die polymorphen Arten: Die verschiedenen Formen der polymorphen Falter unterscheiden sich voneinander nur im Aussehen, und soweit sie verschiedene Modelle kopieren, hat jedes einzelne über das allen Modellen und mimetischen Formen Gemeinsame hinaus mit seinem besonderen Modell nur das Aussehen gemein. Also kommt es hier auf das Aussehen an, während bei den Konvergenzen, die im Gefolge ähnlicher Lebensweise auftreten, die Gleichheit des Aussehens immer ein Nebenprodukt tiefergehender Umgestaltungen ist (Eingeweideschmarotzer, Schwimmtiere, Flugtiere, Grabtiere usw.).

Im Falle der eigentlichen Mimikry zwischen fliegenden Insekten scheitern die angeführten Hypothesen alle drei auch schon daran, daß es sich immer um Tiere handelt, die bei Tage herumfliegen — die Voraussetzungen, von denen

¹⁾ Es finden sich in der Literatur öfter Angaben über ein Vorwiegen bestimmter Farben oder Farbkombinationen in einzelnen Gegenden, z. B. Blau auf Celebes und Blau und Rot auf Cuba. Aber mit solchen leeren Allgemeinheiten ist nichts anzufangen. Real, aber sicher nicht durch besondere Naturkräfte bedingt ist der Mechanismus mancher Inselrassen und ähnliches. Für die von *Wallace* bemerkte Häufigkeit einer gewissen Gestalt von Schmetterlingsflügeln auf Celebes hat eben dieser Forscher wenigstens die Denkbare einer mechanistischen Erklärung nachgewiesen. Trans. Linnean Society, 25, 1866.

¹⁾ Vgl. die Abbildungen bei *Jacobi*, S. 84, 87, 91, 99, 109, 119 und *E. Haase*, Tafeln XIII, XIV.

diese Hypothesen ausgehen, treffen ja alle auch für Nachflieger zu. Niemals aber hat man noch bei solchen das Zusammentreffen der für eigentliche Mimikry charakteristischen Umstände beobachtet!

Wie war es nur möglich, daß so viele und so offen daliegende Tatsachen einfach übersehen werden konnten, daß so schlecht gegründete Ansichten keinem allgemeinen Widerspruch begegneten, ja daß gerade unter Entomologen, denen die Mimikry am besten bekannt sein sollte, solche Meinungen die weiteste Verbreitung gefunden haben!

Auch sonst wendet sich übrigens Mimikry meistens an den Gesichtssinn, und eigentliche Mimikry ist daher fast ganz auf Tagtiere beschränkt. Doch kommt bei Ameisengästen auch die von E. Wasmann entdeckte merkwürdige *Tastmimikry* vor, und außerdem gibt es, beiläufig bemerkt, auch eine *Geruchsmimikry*. Eine solche wird von Pflanzen aus den Familien der Aroiden und Rafflesiaceen ausgeübt, die mit Hilfe gewisser Düfte Aasfliegen und vielleicht noch einige andere Insekten anlocken und ihrer Fortpflanzung dienstbar machen.

(Fortsetzung folgt.)

Vermittelt das Labyrinth der Fische Gehörs wahrnehmungen?

Historisch-kritische Darstellung der Frage und der Versuche zu ihrer Lösung.

Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. O. Körner, Rostock.

Solange man vom anthropozentrischen Standpunkte aus den Tieren gleiches Fühlen und Denken zuschrieb wie den Menschen, dienten die Leistungen der menschlichen Sinnesorgane fast allein als Maßstab für die Bewertung der Sinne des Tieres. So hielt man es von altersher bis in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts hinein für selbstverständlich, daß die Fische hören könnten; *Aristoteles* und *Plinius* sind alte Zeugen dafür, Crassus soll seine Muränen mit einer Glocke zur Fütterung herbeigeläutet, *Francis Bacon* seine Karpfen herbeigetrommelt haben, und *Hunter*, der das 1610 von *Cassinius* entdeckte Labyrinth der Fische als erster für ihr Gehörorgan hielt, will gesehen haben, daß Fische durch einen Flintenknall verjagt worden seien. Spätere Forscher, darunter noch *Johannes Müller*, haben allein aus dem Vorhandensein des Labyrinths auf das Hörvermögen der Fische geschlossen. Die Geschichte von den Haifischen, die im Kanonendonner der Seeschlacht bei Abukir ruhig zwischen den feuernden Schiffen umherschwammen und ins Wasser gefallene Matrosen verschlangen, wurde nur als Beweis für die Frechheit dieser Tiere angesehen, und niemand fragte, ob sie denn den Kanonendonner hören konnten.

Der Glaube an das Gehör der Fische wurde schon zur Zeit des *Aristoteles* gestärkt durch die

Bekanntschaft mit „musikalischen“ Fischen, die unter Wasser Töne oder Geräusche erzeugen. Man dachte, und viele denken noch heute, daß ein Tier, das sich hören läßt, auch selbst hören müßte, denn was sollten seine Töne für einen Zweck haben, wenn nicht den, Artgenossen anzulocken oder Feinde abzuschrecken? Aber diese Annahme ist doch zweifelhaft, denn es handelt sich hier nicht um willkürliche Lautäußerungen, sondern mindestens in einem Teil der Fälle um unwillkürliche, rein akzidentelle Geräusche, die durch Zähneknirschen, Aneinanderreiben von Knochen, Schwingen von Hautteilen oder von Luft in lufthaltigen Hohlräumen (Schwimmlase, Darm) bei den verschiedenartigsten Lebensäußerungen nebenbei entstehen. Auch wo sie nur zur Fortpflanzungszeit auftreten, brauchen sie nicht zur Anlockung des anderen Geschlechtes zu dienen. Der Zoologe *Blochmann* meint, daß der Fisch dabei nur die Bewegung des Wassers empfinde, wie die Makropoden, wenn das Männchen rasch gegen das Weibchen anschwimmt, dann plötzlich stehen bleibt, ohne es zu berühren und so eine Strömung gegen es erzeugt, eine Art Streicheln par distance. Der Physiologe *Beer* lehnt die Heranziehung akzidenteller Geräusche zum Beweise des Hörvermögens mit der drastischen Bemerkung ab, noch niemand habe die bei den höheren Wirbeltieren mit der Darmbewegung einhergehenden Geräusche als Beweis dafür angesehen, daß ihre unfreiwilligen Erzeuger hörten. Übrigens ist die Zahl der musikalischen Fische — 80 gegenüber mehr als 10 000 nicht musikalischen — so gering, daß man aus ihrem Vorhandensein nicht auf ein Hörvermögen der ganzen Klasse schließen darf.

Die Frage, ob die Fische hören, wurde erst in den 70-er Jahren des vergangenen Jahrhunderts ernstlich aufgeworfen, als man die Anatomie und Physiologie der vermeintlichen Hörorgane (Otocysten) einiger niederen Tiere und des Labyrinths der Wirbeltiere genauer erforschte. 1851 hatte *Corti* das Nervenendorgan in der Gehörschnecke der höheren Wirbeltiere beschrieben, woran die Helmholtzsche Theorie der Schallwahrnehmung anknüpfte. Es wurde dann immer wahrscheinlicher, daß der Schall bei den höheren Wirbeltieren nur durch Vermittlung des Cortischen Organs bzw. seiner Homologa empfunden wird. Zugleich reifte die Erkenntnis, daß der übrige Teil des Labyrinths, der Vorhofbogenapparat, namentlich auch der der Fische, geradeso wie die Otocysten der niederen Tiere, zur Erhaltung des Körpergleichgewichtes dient, also ein statisches Organ ist; doch wird von einigen Forschern auch heute noch angenommen, daß er nebenbei gewisse Gehörs wahrnehmungen vermittele. Ob ihm wirklich diese doppelte Funktion zukommt, konnte beim Menschen bisher noch nicht mit völliger Sicherheit entschieden werden. Darum lag der Versuch nahe, auf dem Wege der vergleichenden Physiologie zur Er-

kenntnis zu gelangen. Besonders hierzu geeignete Tiere schienen die Fische zu sein, die einen mächtigen Vorhofbogengangapparat, aber noch keinen gut entwickelten, der Hörschnecke homologen Labyrinthteil haben.

Daß die Fische in der Luft erzeugten Schall wahrnehmen könnten, schien zwar durch das hier und da übliche Herbeiläuten von Teichfischen zur Fütterung bewiesen zu sein; *Kreidl* und *Exner* ist jedoch die Feststellung leicht gelungen, daß die Fische das Glockensignal gar nicht wahrnehmen, und daß sie nur zum Futterplatze kommen, wenn sie den die Glocke schwingenden und Futter streuenden Fischer sehen, oder wenn sie durch die beim Heranschreiten des Fütterers auf dem Einfassungsgewölbe dem Wasser mitgeteilte Erschütterung aufmerksam werden. Andere Untersucher haben festgestellt, daß Forellen und Zander durch Flinten- oder Pistolenknall nicht verschreckt werden, und daß man von zwei nahe beieinander stehenden Hechten den einen weg-schießen kann, ohne daß der andere flieht, wenn nur die Fische die Bewegungen des Schützen nicht sehen. Unter solchen Umständen muß man es für eine Täuschung halten, wenn Samoaner verschiedene Fischarten, oder wenn serbische Fischer die Weise durch Lärm zum Fang herbeilocken wollen. Dergleichen läßt sich ja auch so verstehen, daß die Fische den Lärm gar nicht hören und darum ebenso gut gefangen werden können, wie wenn kein Lärm erzeugt worden wäre. Wie kritiklos solche Dinge oft beurteilt werden, zeigt die Bemerkung eines bekannten Sportschriftstellers, den Zander könne man im See mit dem Spinner nicht berücken, weil er vor dem geringsten Geräusch, also auch vor dem leise dahingleitenden Kahn fliehe; im Fluß dagegen, wo die Strömung das Geräusch verschlinge, gehe er leicht an den Köder. Es mag wohl richtig sein, daß der Zander im Fluß leichter als im See an den Köder geht; aber der dafür angegebene Grund ist lediglich der Phantasie entsprungen. Ein anderer Sportsmann sah am baltischen Ost-seestrande plötzlich eine Menge kleiner Fische aus dem Wasser emporspringen. Ein kurz darauf hörbarer Knall belehrte ihn nach seiner Meinung über die Ursache dieser Erscheinung: auf dem Admiralschiffe der 11. Werst entfernten Flotte hatte man den Abendschuß gelöst, und der sich im Wasser schneller als in der Luft fortpflanzende Schall soll die Fische emporgeschreckt haben, bevor der Beobachter den Knall gehört hatte. Es läßt sich nun auf Grund der verschiedenen Schalleitungsgeschwindigkeit in Wasser und Luft berechnen, daß, wenn die Annahme des Beobachters stimmen sollte, zwischen dem Sehen des Springens der Fische und dem Hören des Knalles 24 Sekunden gelegen haben müßten. Der Beobachter hätte seine beiden Wahrnehmungen wohl schwerlich miteinander in ursächliche Beziehung gesetzt, wenn eine so lange Zeit zwischen ihnen vergangen wäre. Auch hätte er jede andere

Ursache des so häufig zu beobachtenden Springens der Fische ausschließen müssen.

Da nun der in der Luft erzeugte Schall schlecht in das Wasser eindringt, der im Wasser selbst erzeugte aber hier weit besser fortgeleitet wird, haben nicht wenige Forscher Schallquellen im Wasser ertönen lassen und gefunden, daß die Fische mit keinerlei Bewegung darauf reagierten, wenn nur optische und taktile Reize dabei ausgeschlossen waren. Hierher gehören zunächst Versuche von *Cyon* (1878), *Bateson* (1889), *Kreidl* (1890), *Lee*, *Marage*, *Lafite-Dupont*, mir selbst u. a. an zahlreichen Fischarten. Der Schall wurde in der verschiedensten Weise erzeugt, z. B. mit Tönen von Glocken, Klangstäben, Stimmgabeln, dem knackenden Kinderspielzeug *Cri-Cri*, der Kleinschen Membranpfeife und synthetischen Vokalen verschiedener Tonhöhe und Stärke, die in geeigneter Weise dem Wasser zugeführt wurden. Da die Fische auf optische Reize (bewegte Schatten, Reflexe durch die geringsten Oberflächenwellen) und auf taktile Reize (leiseste Erschütterungen des Wassers im Behälter) lebhaft durch Fluchtreflexe reagieren, müssen solche Störungen bei den Versuchen gänzlich ausgeschaltet werden. Gelingt dies, so bleiben alle Reaktionen auf Schallreize aus. Meine Versuche mit dem *Cri-Cri* und mit Membranpfeifen erstreckten sich auf 29 kleine einheimische und exotische Fischarten. Sie wurden unter möglichst natürlichen Bedingungen in zahlreichen Aquarien von 5—1800 Liter Wassergehalt angestellt, die größtenteils mit reichem Pflanzenbestand versehen waren, und in denen die Tiere so gut eingewöhnt waren, daß sie einerseits ihre natürliche Scheu bewahrt hatten und auf optische und sensible Reize gut reagierten, und andererseits sich so wohl fühlten, daß sich manche von ihnen in der Gefangenschaft fortpflanzten. In keinem einzigen Falle hatte das Knacken mit dem *Cri-Cri* auch nur die geringste Änderung in dem ganzen Benehmen und in den einzelnen Bewegungen der Fische zur Folge. Nichts geschah, was als Reflex hätte gedeutet werden können. Mit Fressen beschäftigte Fische ließen sich darin durch das Knacken nicht stören, Kampf- und Liebesspiele wurden durch es nicht unterbrochen. Bezüglich des Ausschlusses optischer und taktiler Reize hat der Physiker *Bernoulli* diese Versuche als die bis dahin einwandfreiesten bezeichnet.

Maier hat ähnliche Versuche an 15, *Marage* an 7, *Lafite-Dupont* an 5 und *Hämpel* an 4 Fischarten mit ebenso negativem Ergebnis angestellt.

Nun haben aber *Maier* und *Hämpel* neuerdings behauptet, daß wenigstens eine Fischart, der Zwergwels, *Amiurus nebulosus*, regelmäßig auf in der Luft wie im Wasser erzeugte Schallreize mit einem Fluchtreflex reagiere. Es ist das von vornherein unwahrscheinlich, weil sein Labyrinth sich in keiner Weise von dem anderer Fische unterscheidet. Meine, gemeinsam mit dem Physiologen *Winterstein* und dem Zoologen *Will* angestellten

Kontrollversuche an 10 Zwergwelsen, die unter sorgfältigster Vermeidung optischer und taktiler Reize ausgeführt wurden (3), haben denn auch das Gegenteil ergeben: nicht die geringste Bewegung der Fische wurde mit den verschiedensten Schallquellen aus der Luft oder im Wasser erzielt! Zum gleichen Ergebnis kam *Benjamins* (4), während *Krausse* (5) wiederum Reaktionen bei Schallzuleitung aus der Luft beobachtet haben will, die aber bei täglicher Wiederholung allmählich immer seltener geworden sein sollen. Jedenfalls sind meine und *Benjamins* negativ ausgefallenen Versuche beweiskräftiger, als die positiv ausgefallenen von *Maier*, *Hämpel* und *Krausse*, denn es gibt Versuchsfehler genug, die durch Erregung optischer oder taktiler Reize akustische Reflexe vortäuschen, während nichts über Versuchsfehler bekannt ist, die akustische Reflexe hemmen könnten. Die Behauptungen von *Maier* und *Hämpel* sind ungeprüft in die 4. Auflage von *Brehms* Tierleben übernommen worden.

Versuche mit einer eingetauchten elektrisch betriebenen Glocke hat *Zennek* im freien Wasser eines Flusses bei *Léuciscus rutilus*, *L. dobula* und *Alburnus lucidus* angestellt. Er erzielte unter gewissen Verhältnissen Reaktionen, ist aber in seinen Schlußfolgerungen äußerst vorsichtig, denn er wollte, wie er sagt, nur die Vorfrage prüfen, ob die Fische überhaupt auf Schallwellen reagieren, ohne zu entscheiden, ob sie dieselben mit dem Gehör, dem Hautgefühl oder dem Seitenlinienorgan wahrnehmen. Dies ist mehrfach nicht beachtet worden, und namentlich *Hensen* hat *Zenneks* Versuche mit Unrecht als Beweis für das Hörvermögen der Fische angeführt. *Bernoulli* hat dann die *Zennekschen* Versuche mit einer besseren Aufstellung der Glocke, wodurch mechanische Wasserwellen vermieden wurden, an Forellen, Aalen und Zandern wiederholt und keinerlei Reaktion erzielen können. Reaktionen, wie sie *Zennek* beobachtet hat, sind nach *Bernoullis* einwandfreien Untersuchungen nur zu deuten als Folgen taktiler Reize durch mechanische Wasserwellen von der Frequenz des Klöppels der elektrischen Klingel.

War es das Bestreben der meisten Forscher gewesen, ihre Versuche unter möglichst natürlichen Verhältnissen und auf möglichst einfache Art auszugestalten, so hat *Parker* seine Versuchstiere unter ganz unnatürliche Bedingungen gebracht und damit manche sonst vermeidliche Fehlerquelle eingeführt. Es würde zu weit führen, die umständlichen Zurüstungen dieses Forschers zu beschreiben und ihre Unbrauchbarkeit darzulegen, ich muß auf seine Originalarbeit und meine Kritik derselben (1) verweisen. Weiterhin haben *Parker* und sein Schüler *Bigelow* sich nicht damit begnügt, auf einfache Fluchtreflexe zu achten. *Parker* hat bei seinem Versuchstier (*Fundulus heteroclitus*) auch auf das Spiel der Kiemendeckel und der Brustflossen vor und nach einer Schalleinwirkung geachtet. Die Kiemen-

deckel regeln als Hilfsapparate der Respiration den Zufluß des Atemwassers zu den Kiemen durch gleichmäßige Bewegung, aber es ist gar nicht einzusehen, weshalb ein Hörreiz gerade die Atemfrequenz beeinflussen sollte. Noch viel weiter ging *Bigelow*, indem er fast jede Bewegung, die seine Goldfische überhaupt machen konnten, als Reaktion deutete und so bei den von ihm selbst als äußerst lebhaft bezeichneten Tieren dazu kommen mußte, fast nach jeder Schalleinwirkung auch irgendeine Bewegung an den Tieren wahrzunehmen. Schon diese Einwände lassen die Versuche von *Parker* und *Bigelow* als unbrauchbar erkennen. Daß sich noch viel mehr dagegen sagen läßt, habe ich a. a. O. auseinandergesetzt.

Da nun Reaktionen auf Schallreize bei gesunden Fischen bisher keineswegs überzeugend nachgewiesen werden konnten, so hat es auch gar keinen Zweck, Ausfallsversuche an operierten Tieren anzustellen, die ihres Vorhofbogensgangapparates beraubt worden sind, oder bei denen der zu ihm führende Hirnnerv durchschnitten worden ist, wie es z. B. von *Parker* und *Bigelow* geschehen ist. Wo eben eine Funktion nicht einwandfrei nachgewiesen ist, kann auch kein Ausfall derselben festgestellt werden. *Mangold* hat übrigens die von *Parker* aus solchen Versuchen gezogenen Schlüsse schon aus anderen Gründen abgelehnt.

Alle bis hierher besprochenen Versuche wurden mit Schallreizen angestellt, die unter normalen Bedingungen im Leben der Fische nicht vorkommen, und auf die zu reagieren sie kaum Veranlassung haben. Darum hat *Edinger* die Anwendung nur biologischer, aber nicht fremdartiger physikalischer Reize gefordert. Doch was sind hier biologische Reize? Wir kennen keine, wenn es nicht etwa die oben schon besprochenen Töne und Geräusche sind, die von den sogenannten musikalischen Fischen hervorgebracht werden. Aber mit diesen können wir nicht experimentieren. Wir bleiben also bei den Versuchen auf die Anwendung von Schallreizen beschränkt, die den Fischen fremd sind. Reagieren sie darauf, so ist damit noch nicht bewiesen, daß sie hören, denn sie könnten ja auch Schallwellen mit dem Hautgefühl oder mit dem Seitenlinienorgan wahrnehmen; reagieren sie aber darauf nicht — und daß sie nicht darauf reagieren, darf nun wohl als festgestellt betrachtet werden —, so ist natürlich der Einwand berechtigt, daß sie auf biologische Schallreize vielleicht doch reagieren würden.

Die Entscheidung der Frage muß also auf andere Weise herbeigeführt werden.

Dies schien 1909 erreicht zu sein, als es *Piper* gelungen war, vom akustisch gereizten Labyrinth des Hechtes Aktionsströme abzuleiten. Hieraus hat er geschlossen, daß das Labyrinth der Fische in allen seinen Teilen als Hörorgan zu betrachten

sei. Aber auch dieser Schluß ist nicht zuverlässig.

Man hatte nämlich bei der Deutung, daß das Labyrinth der Fische ein dem Vorhofbogengangsgangapparat der höheren Wirbeltiere in allen Teilen gleichartiges Organ sei, einen kleinen Anhang des Sacculus, die Lagena, außer acht gelassen. Dieser Teil entspricht aber stammesgeschichtlich dem Schneckenteil bei den höheren Wirbeltieren. Er zweifellos eine rein akustische Funktion hat. Und so bleibt also noch die Möglichkeit offen, daß in der Lagena ein primitives Hörorgan zu suchen ist! Und Piper hat die Aktionsströme gerade nur vom Otolith des Sacculus, von dem die Lagena ausgeht, abgeleitet und entsprechende Versuche mit Ableitung vom Otolith des Utriculus, einem stammesgeschichtlich sicher rein vestibulären Labyrinthteile, unterlassen. So hat auch er die Frage nicht gelöst!

Und je weiter unsere Kenntnisse von den Lebensäußerungen niedrig organisierter Tiere vorschreiten, desto mehr Zweifel tauchen auf, ob die Frage nach dem Hörvermögen der Fische überhaupt lösbar ist. Yerkes hat gezeigt, daß Frösche, die sicher hören können, da sie einen vollkommenen Hörapparat haben, niemals durch Töne allein zu reaktiven Bewegungen veranlaßt werden, daß aber Töne bei ihnen die Wirkungen gleichzeitiger mechanischer oder optischer Reize steigern. Da wäre es doch möglich, daß die Fische mit ihrer Lagena zwar hörten, aber auf Schallreize allein auch noch nicht reagierten.

Ferner wissen wir jetzt, daß es Tiere gibt, die regelmäßig und deutlich auf Schallreize reagieren, obwohl sie gar kein Organ besitzen, dem eine Gehörfahrnehmung zugesprochen werden kann. Hierher gehören: nach Parker der Amphioxus, nach Winterstein der röhrenbewohnende Ringelwurm Spirographis Spallanzani und die Serpulide Hydroides pectinata, und nach meinen Untersuchungen (2) der im Schlamm unserer Bäche lebende fadenförmige Wurm Tubifex rivulorum. Spirographis und Hydroides ziehen ihre Federkronen blitzschnell ein, sobald sie von den Schallwellen einer Membranpfeife erreicht werden, während mit derselben Pfeife in schneller Folge erzeugte schallose Wellen ohne Wirkung bleiben. Tubifex steckt mit dem vorderen Ende im Schlamm und führt mit dem freien, hinteren Ende peitschenähnliche Bewegungen im Wasser aus; er verschwindet blitzschnell ganz im Schlamm, sobald die Membranpfeife unter Wasser ertönt, aber schallose Wellen beachtet er nicht. Nach Winterstein zeigen alle diese Beobachtungen, daß die Feststellung einer Reaktion auf Schallreize uns noch nicht berechtigt, von einer Hörfunktion zu sprechen, und daß aus der bloßen Tatsache der Erregung eines Organes durch Schallwellen, wie in dem Piperschen Versuche, nicht ohne weiteres der Schluß gezogen werden darf, daß es sich um ein Gehörorgan handeln muß.

Literatur.

Die sehr umfangreiche Literatur findet man bei Mangold im 4. Bande des Wintersteinschen Handbuchs der vergleichenden Physiologie, ferner bei Pütter, Vergleichende Physiologie, Jena 1911, und in folgenden Abhandlungen:

1. O. Körner, Können die Fische hören? Sonderabdruck aus der Festschrift für August Lucä, Berlin bei Julius Springer, 1905.

2. O. Körner, Reaktionen auf Schallreize bei Tieren ohne Gehörorgan. Centralblatt f. Physiologie, Bd. XVIII, Nr. 17.

3. O. Körner, Über das angebliche Hörvermögen der Fische, insbesondere des Zwergwelses (Amiurus nebulosus). Zeitschrift f. Ohrenheilkunde, Bd. 73.

4. O. Körner, Untersuchungen von Dr. Benjamin über das angebliche Hörvermögen des Zwergwelses. Ebenda, Bd. 74.

In den vorstehenden Werken und Abhandlungen noch nicht berücksichtigt sind:

5. Krausse, Kritische Bemerkungen und neue Versuche über das Hörvermögen der Fische. Zeitschrift f. allgemeine Physiologie, Bd. 17.

6. Zacharias, Können die Fische hören oder nicht? Fischereizeitung. 1906. Nr. 2 und 3.

Die Kristallbaustile.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. F. Rinne.

Professor an der Universität Leipzig.

Der Körperbau von Pflanzen und Tieren ist entsprechend dem ineinandergreifen mancherlei Anforderungen, seien es solche der Trag- und Zugfestigkeit, der Fortbewegung in Wasser oder Luft, der Ernährung und anderer Lebensfunktionen, von höchst verwickelter Art. Auf anorganischem Gebiete hingegen heben sich im Reiche der Kristalle sehr einfache, leicht erkennbare Baugesetze heraus; ja, es liegt hier der ideale Fall vor, daß ein allgemeiner Grundgedanke die überhaupt möglichen Kristallbaustile prädestiniert, und daß die Fülle der Erfahrungen mit den theoretischen Ableitungen im vollkommensten Einklang steht. Diese Grundidee der Kristallarchitektur, wie sie zuerst von René Just Haüy erkannt wurde, läßt sich im Vergleich mit künstlichen Bauwerken, z. B. einem Hause, etwa folgendermaßen erläutern.

Die Neigung der Dachfläche eines Gebäudes zur Seitenwand ist in weites Belieben des Erbauers gestellt. An Stelle der Schräge D in Fig. 1 könnte auch eine ein wenig andere Neigung verwirklicht sein; nur sprungweise zulässige Winkel, etwa α , α' , α'' sind nicht vorgeschrieben. Im Reiche der Kristalle ist das der Fall. Es gibt dort nur unstetige Verschiedenheiten in der Lage solcher D -Flächen: kennzeichnet man ein beobachtetes D durch das Längenverhältnis $Oc : Ob = c : b$, wobei $b = 1$ gesetzt sei, so werden lediglich andere Kristallschrägen beobachtet, bei denen c' , c'' usw. ein einfaches rationales Vielfaches oder Teiliges von c ausmachen, also etwa $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, 2, 3 oder ∞ , letzteres bei Fläche B der Fig. 1. In weiterem Ausbau ist das auch der Fall bezüglich anderer Achsenpaare, so von a und c bzw. a und b , die alleweil der Richtung einer mög-

lichen Kante am Bauwerk entsprechen. Nimmt man also als Grundfläche die in Fig. 2 mit den Achsenschnitten $a, b = 1$ und c , so sind alle sonst möglichen Flächenornamente gegeben durch einfache rationale Schnitte auf den Grundmaßen, letztere selber stehen im allgemeinen im irrationalen Verhältnis zueinander. Beim Aragonit (Fig. 3) z. B. schneidet die Stammform o auf den Achsen Längen im Verhältnis $0,6224 : 1 : 0,7206$ ab. Eine einfache Berechnung zeigt, daß im übrigen sich der Schmuck der Flächen kennzeichnen läßt durch die Symbole

$b = \infty a : b : \infty c; m = a : b : \infty c; p = \infty a : b : c; s = 2a : b : 2c$, ganz entsprechend dem Haüy'schen Gesetz von der einfachen Rationalität der Koeffizienten n und m im allgemeinen Zeichen $na : b : mc$.

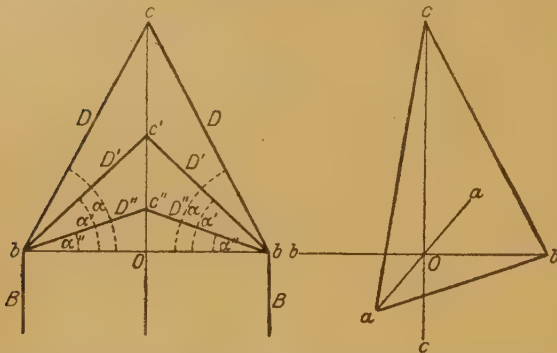


Fig. 1 und 2. Erläuterung des kristallographischen Grundgesetzes. (Einfache rationale Achsenschnitte.)

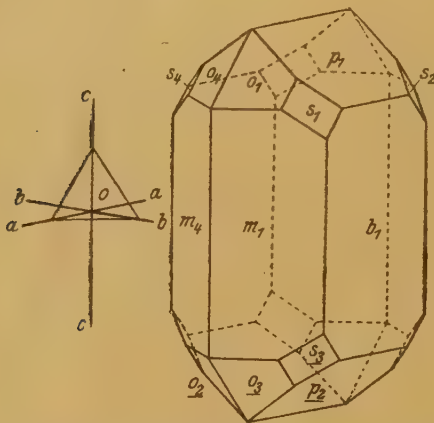


Fig. 3. Aragonit als Beispiel der Kristallornamentik nach dem Gesetz der einfachen rationalen Achsenschnitte.

Der tiefere Grund für dies kristallographische Prinzip liegt im Feinbau der Kristalle als „Raumgitter“, also in der periodischen Anordnung kleinster Teile auf Baulinien, wie es in Fig. 4 bezüglich einer Ebene und in Fig. 5 körperlich vermerkt ist. Eine Fläche am Kristall ist eine Ebene durch Raumgitterpunkte, und es erscheint verständlich, daß diejenigen sich einstellen werden, welche recht viele Punkte durchschneiden, also „netzdicht“ sind. Eine solche Ebene wird in ihrem Schnitt mit der Punktschar

von Fig. 4 z. B. durch die Linie von $1a$ nach $1b$ gekennzeichnet. Die Längen Oa und Ob geben in $Oa : Ob$ das erwähnte, im allgemeinen irrationale Achsenverhältnis. Sonstige mögliche Flächen schneiden auf den Achsen a und b einfache rationale Vielfache und Teilstücke dieser Einheiten ab.

Aus dieser Beschränkung der Architektur im Kristallbau auf Flächen mit einfachen rationalen Achsenschnitten folgt nun gleich eine zweite. Sie bezieht sich auf den Rhythmus in der Anordnung der Bauteile, d. h. auf die Zahlenmöglichkeiten der Wiederholung von Flächen. Dem ausübenden Künstler sind keine Beschränkungen in der Hinsicht auferlegt; er mag z. B. eine Rosette acht-, zehn- oder beliebigfältig durch entsprechende Wiederholung der radial angeordneten Felder ausgestalten, oder einen Turm rhythmisch

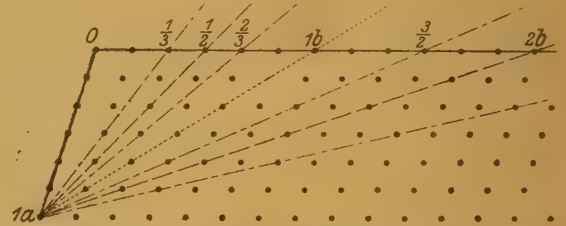


Fig. 4. Netzebene eines Kristalls und Schnitte von verschiedener Netzdichte.

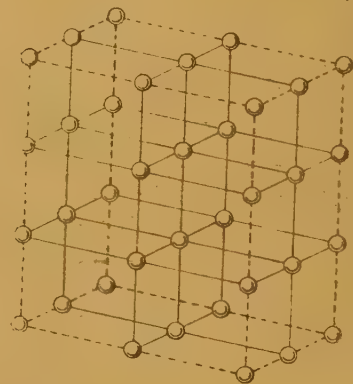


Fig. 5. Schema eines Kristallraumgitters.

vier-, fünf-, sechs- oder siebenseitig bauen u. a. m. Der Baurhythmus im anorganischen Reiche der Natur hingegen ist auf die Zahlen 2, 3, 4 und 6 beschränkt; anders wäre nämlich das Gesetz von der Rationalität der abgeleiteten Achsenschnitte nicht erfüllt, so z. B. nicht beim regelmäßig achtseitigen Bau, der in Fig. 6 im Querschnitt wiedergegeben ist. Sei bei ihm die Ausgangsform $a : a$, so hätte der abgeleitete regelmäßige Achtbau in seiner Flächenanlage jeweils die Schnitte $a : na = a : 2,4142 \dots a$, also ein irrationales n . Solche Außenwände eines kristallographischen Turmbaus besitzen als lockernetzige Ebenen des Raumgitters keine Stabilität und damit keine Wirklichkeit.

Die außenarchitektonischen Möglichkeiten der Kristallbauten bestehen also in Vergesellschaftungen von ebenen Flächen nach Regeln, die im Rahmen des Grundgesetzes wirken. Das unterste Glied der Oberflächenornamentik ist natürlich die Fläche für sich, die unabhängig von anderen dasteht, das sog. Pedion (Fig. 7). Jede Vergesellschaftung zu einem Flächenkomplex läßt sich am einfachsten durch die herrschenden Symmetriemotive ausdrücken. An solchen kommt zunächst das Symmetriezentrum in Betracht: zur Fläche erscheint eine parallele Gegenfläche; so entsteht das

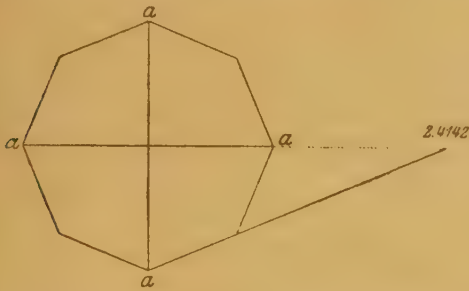


Fig. 6. Irrationaler Schnitt des regelmäßigen Achtecks



Fig. 7.

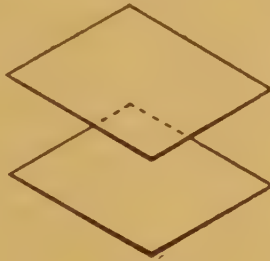


Fig. 8.

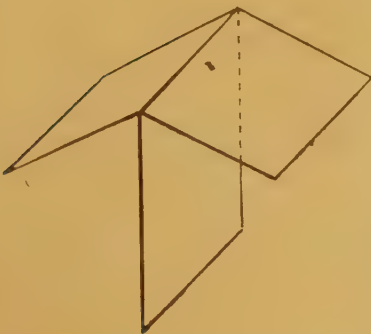


Fig. 10.

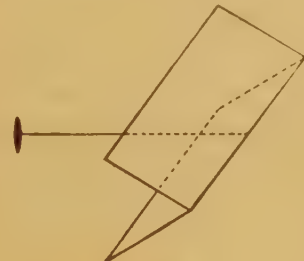


Fig. 9.

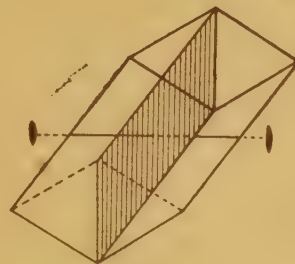


Fig. 11.

Urformen der Kristallornamentik (Pedion Pinakoid, Sphenoid, Doma, Prisma).

Pinakoid (Fig. 8). Ist das Symmetriemotiv nicht punktuell, sondern linear, handelt es sich also um eine Wiederholung bezüglich einer Richtung als Drehachse, so kommt im einfachsten Falle zur Fläche eine antimetrisch liegende: es baut sich das Sphenoid mit seiner zur zweizähligen Symmetrieachse senkrechten Sphenoidkante auf (Fig. 9). Die dritte Stufe der Symmetriewirkung ist durch das Motiv nach einer Ebene gegeben: Eine Fläche erhält dabei ihr Gegenstück durch Spiegelung nach dieser Symmetrieebene. Es entsteht das Doma als Flächenpaar mit einer in der

Symmetrieebene gelegenen Kante (Fig. 10)¹⁾. Somit versinnbildlicht das Pedion die Symmetrie der Identität; eine pediale Fläche ist nur sich selbst gleich. Ein Pinakoid stellt das Motiv der Inversion vor, ein Sphenoid das der Umklappung; das Doma kennzeichnet das Symmetrieprinzip der Spiegelung. Eine höhere Entfaltung erblüht durch Vereinigung dieser grundlegenden Symmetriemotive: Punkt, Linie, Ebene, wobei es im Sinne des Fortschreitens am natürlichsten ist, die Stufe des Domas weiter zu entwickeln. Fügt man also ihm ein Symmetriezentrum zu, so erhält jede Fläche eine parallele Gegenfläche: es entsteht das Prisma (Fig. 11), an dem man ohne weiteres erkennt, daß automatisch auch die zweizählige Symmetrieachse zur Geltung gekommen ist. Zum nämlichen Erfolge gelangt man, falls dem Komplex des Domas eine zur Symmetrieebene senkrechte zweizählige Symmetrieachse zuerteilt wird. Dann stellt sich das Symmetriezentrum automatisch ein.

Damit ist man also bereits zum Abschluß einer Reihe von 5 Urformen gekommen, bei der das unsymmetrische Pedion am Anfang und das ebenen- und achsensymmetrische Prisma am Ende

steht. Somit sind hier fünf Möglichkeiten des primitiven Kristallbaues gegeben, im Sinne von *G. v. Tschermak* die fünf Stufen, die man als den pedialen, pinakoidalen, sphenoidischen, domatischen und prismatischen Baustil kennzeichnen kann.

Ihre nähere Symmetriebetrachtung zeigt im übrigen, daß außer den offenkundigen Symmetrioperationen, wie sie oben in der Wirksamkeit

¹⁾ Die Namen Pedion, Pinakoid, Sphenoid sind abgeleitet vom griechischen Ausdruck für Ebene, Brett, Keil; Doma vom lateinischen Ausdruck für Haus.

eines Symmetriezentrums, einer Symmetrieachse oder einer Symmetrieebene gegeben sind, in den Formtypen noch der Erfolg einer eigenartigen Symmetriecombination steckt, die man als Drehspeieglung bezeichnet im Hinblick auf ihren aus Drehung und Speieglung zusammengesetzten Charakter. Durch Drehung von p um die zweizählige Symmetrieachse der Fig. 12 gelangt man zunächst

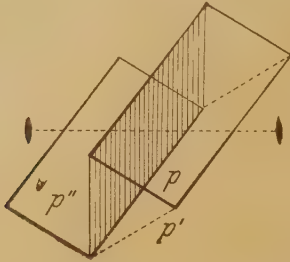


Fig. 12. Schema einer Drehspeieglung.

zur antimetrisch gelegenen Fläche p' und durch Speieglung von p' an der zur Symmetrieachse senkrechten Ebene zur Fläche p'' , die parallel p verläuft. Natürlich würde das Ergebnis (Fläche

fünf Urtypen sehr einfach in den fünf Figuren der Fig. 13 dar. Die Erläuterung einer Drehspeieglung nach Art des Bildes Fig. 12 gibt Fig. 14. p ist die Ausgangsfläche, p' die durch Umklappung entstehende Hilfsfläche und p'' die Parallelebene zu p als Ergebnis der ganzen Operation.

Die fünf Baustile der Fig. 13 umfassen das sog. trikline und monokline System; ersterem gehören Stufe 1 und 2, letzterem 3, 4 und 5 an.

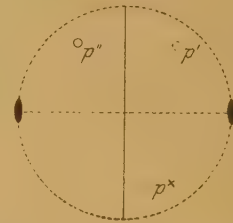


Fig. 14. Projektionssymbol einer Drehspeieglung.

Nunmehr läßt sich mit diesen fünf Urtypen als Ausgangsformen die ganze sonstige große Fülle der Kristallornamentik in einem Zuge und in höchst einfacher Weise aufbauen. Der

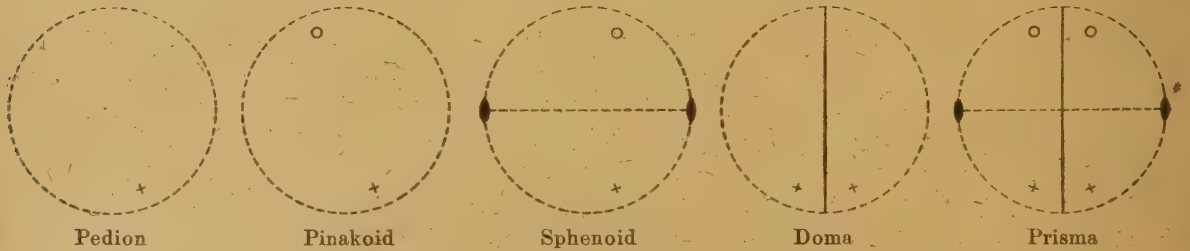


Fig. 13. Projektionssymbole der fünf kristallographischen Urformen.

und parallele Gegenfläche) das nämliche sein, wenn die Operationen erst in Speieglung, sodann in zweizähliger Drehung von p bestanden hätten. So erkennt man in der Anwendung dieses Doppelmotivs noch einen Weg zum Ausbau der Kristallornamentik, wobei zwar, wie vorhin, das Ergebnis mit einem auf andere Weise erzielten übereinstimmen kann.

Um nun den Überblick der Verhältnisse recht einfach zu gestalten, empfiehlt es sich, an Stelle der perspektivischen Zeichnungen schematische Figuren anzuwenden, die ein hübsches Sinnbild der Ornamentik geben. Es sind das die Gadolinschen Projektionen. In ihnen bedeuten Kreuz $+$ und Kreis \circ die Kristallflächen, und zwar $+$ eine über, \circ eine unter einer wagerecht durch die Mitte des Kristallgebäudes gezogenen Ebene, die durch den umrandenden Grundkreis der Figuren versinnbildlicht sei.

Eine Symmetrieachse ist durch eine gestrichelte Linie mit vollausgefülltem Knauf an den Enden und eine Symmetrieebene durch eine ausgezogene Linie vermerkt. Drehspeieglungsachsen sind mit nur umrandetem Knauf gekennzeichnet. So stellen sich also die oben erzielten

Architekturgedanke besteht dabei in der nach dem kristallographischen Grundgesetz möglichen Wiederholung um eine einzige Baurichtung oder in der oktantenweisen Durchdringung solcher Baurhythmen. Im ersteren Fall liegt also einfacher, im letzteren sich durchdringender Wirtelbau vor. Einfacher Wirtelbau kann 2-, 3-, 4- oder 6-zählig, ein oktantenweise sich durchdringender nur 3-zählig sein.

Je nach der Zwei-, Drei-, Vier- oder Sechszahl des Rhythmus um eine Symmetrieachse oder Gyrale¹⁾ nennt man letztere eine Di-, Tri-, Tetra- oder Hexagyre; dient sie als Drehspeieglungsachse Di-, Tri-, Tetra- oder Hexagyroide. Entsprechend sind ihre Zeichen in der Gadolinschen Projektion \blacklozenge \blacktriangle \blacksquare \blacklozenge und \circ \triangle \square \circ .

Im digyralen Bau erwartet man natürlich 5 Stufen, insofern man jede Urform digyrisch gruppieren kann. Das Schema der Fig. 15 stellt diesen Gedanken vor. Man erkennt dabei indes sofort, daß der digyrisch pediale und pinakoidale, also erste und zweite Fall bereits durch die Urtypen 3 und 5 (Fig. 13) gegeben ist; man braucht

¹⁾ Abgeleitet vom griechischen Ausdruck für Kreis.

nur die Digyre dieser Urtypen vertikal zu stellen, um die Identität zu erkennen. Mithin treten in diesem „rhombisch“ genannten Kristallsystem als neue Baustile auf eine digyrisch sphenoidische, digyrisch domatische und digyrisch prismatische Art. Setzt man an Stelle der Digyre eine Digyroide, so wird kein weiterer Erfolg erzielt, wie man sich leicht durch einfache Skizzen überzeugen kann.

Trigyräle Bauart läßt sich ganz entsprechend in den Fig. 16, 17 kennzeichnen. Als erzeugende Wirtelachse herrscht bei Fig. 16 die Trigyre. Im einzelnen liegt trigyrisch pedialer, trigyrisch pinakoidaler, trigyrisch sphenoidischer, trigyrisch domatischer und trigyrisch prismatischer Typus vor. Vergesellschaftet man die Urformen statt trigyrisch in trigyroidischer Weise, wobei es auf einen doppelten Umlauf (oben, unten, oben, unten,

Tetragyräle Bauten erweisen sich gleichfalls als gyrisch und gyroidisch, wie das die Fig. 18/19 anschaulich vorführen. Außer der tetragyrisch pedialen, pinakoidalen, sphenoidischen, domatischen und prismatischen erscheint hier in Fig. 19 noch die tetragyroidisch pediale und sphenoidische Entwicklung. Auch das tetragonale System weist also sieben Klassen auf.

Hexagyräle Bauten hingegen sind sämtlich schon unter der Wirksamkeit der Hexagyre zu erledigen; eine Hexagyroedrie liefert kein neues architektonisches Moment hinzu. So hat man denn in diesem Bautypus (dem hexagonalen System) die Stile hexagyrisch pedial, pinakoidal, sphenoidisch, domatisch und prismatisch (Fig. 20). Schließlich gibt die oktantenweise Durchdringung trigyräler Typen des sog. isometrischen Systems den isometrisch pedialen, pinakoidalen,

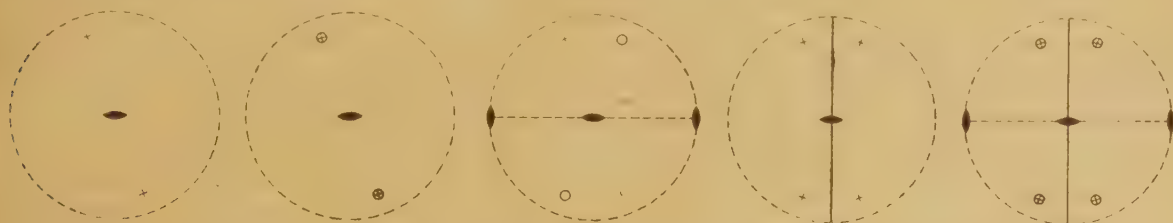


Fig. 15. Digyrische Bauart.

(Urformen Pedion, Pinakoid, Sphenoid und Prisma in digyrischer Wiederholung.)

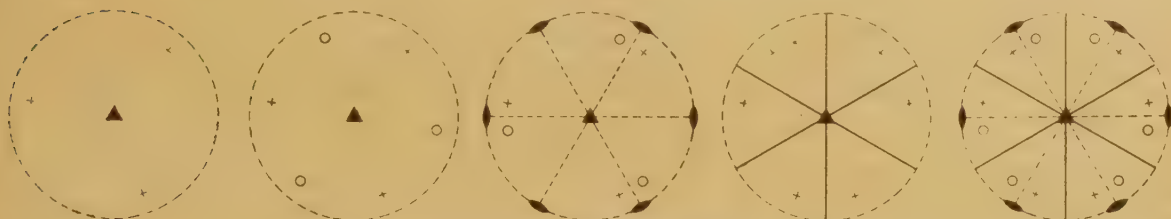


Fig. 16. Trigyrische Bauart.

(Urformen Pedion, Pinakoid, Sphenoid, Doma und Prisma in trigyrischer Wiederholung.)

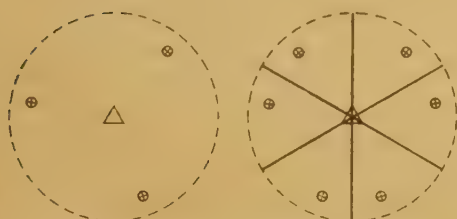


Fig. 17. Trigyroideische Bauart.

oben, unten) der Flächenanlage hinauskommt, so werden noch zwei neue Bautypen (Fig. 17) erzielt, ein trigyroidisch pedialer und trigyroidisch domatischer. Man hat in diesem trigyrälen Bau (den man zum trigonalen System zusammenfaßt) also sieben Klassen¹⁾.

¹⁾ Man kann die Fälle der Fig. 17 wegen ihres 2.3 = 6-fältigen Rhythmus auch zum hexagonalen System rechnen.

sphenoidischen, domatischen und prismatischen Fall (Fig. 21).

Die Summe der im Kristallreiche möglichen Baustile beträgt somit in Ansehung der 5 Urtypen und 7 trigyrälen, 7 tetragyrälen, 5 hexagyrälen und 5 isometrischen Klassen 32. Sie unterscheiden sich ohne weiteres nach der oben gehandhabten erzeugenden Symmetrie. Man erkennt aber leicht, daß nicht selten ganz automatisch über diese Herleitungsmotive hinaus sich weitere Symmetrieelemente einstellen. Um das Bild in seinen darzuliegenden Grundzügen nicht zu komplizieren, sind diese von selbst sich hinzugesellenden, für die Entwicklung der Baustile unnötigen Symmetrieelemente in den Figuren fortgelassen.

Wenn man durch die Namen der einzelnen Baustile ihre architektonischen Beziehungen zueinander herausheben will, so haben die oben angewandten, auf die einfachste Herleitung hin-

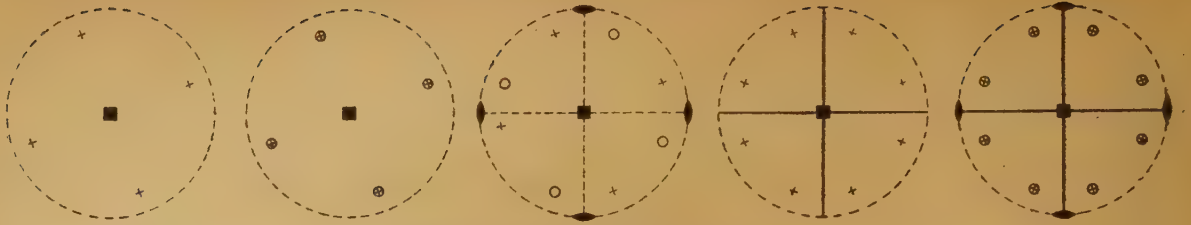


Fig. 18. Tetragyrische Bauart.

(Urformen Pedion, Pinakoid, Sphenoid, Doma und Prisma in tetragyrischer Wiederholung.)

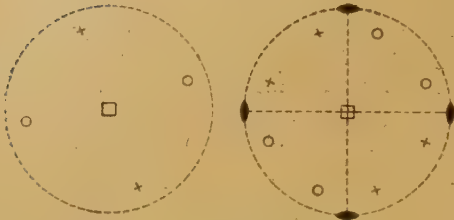


Fig. 19. Tetragyröidische Bauart.

ditrigonal bipyramidal. Eine solche Bezeichnung hat gegenüber der Benennung nach der Entwicklung den Vorzug der Einheitlichkeit. Denn die Herleitung aus Urformen kann, wie schon vermerkt, gelegentlich auf verschiedenem Wege geschehen. Es ist aber kein Zweifel, daß dem oben durchgeführten Gedankengange eine hohe Lehrhaftigkeit innewohnt; erkennt man doch beim Unterricht, daß der Lernende nach Einführung in die Grundvorstellungen bald mit erfreulicher

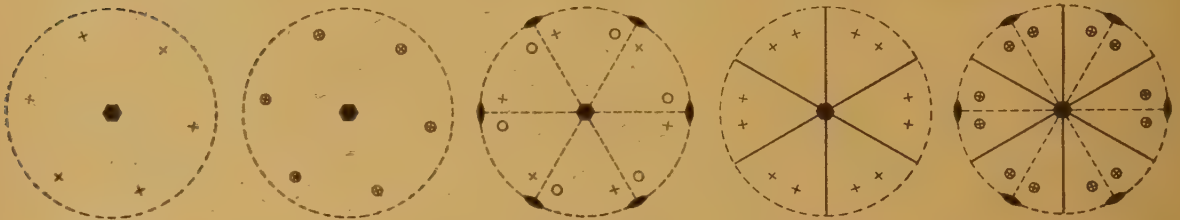


Fig. 20. Hexagyrische Bauart.

(Urformen Pedion, Pinakoid, Sphenoid, Doma und Prisma in hexagyrischer Wiederholung.)

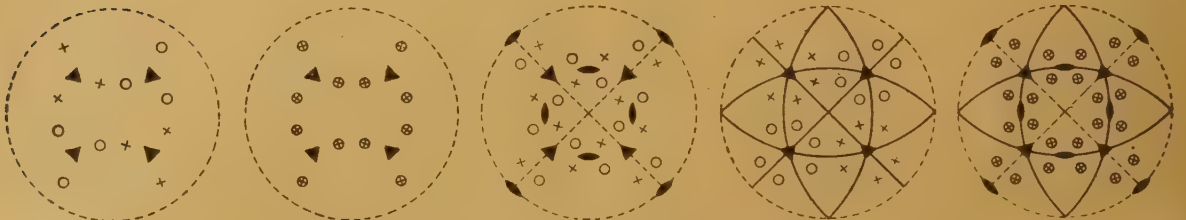


Fig. 21. Isometrisch trigyrische Bauart.

(Urformen Pedion, Pinakoid, Sphenoid, Doma und Prisma in oktantenweiser und damit trigyrischer Durchdringung.)

weisenden Bezeichnungen ihre großen Vorzüge. Auch im spezifisch kristallographischen Sinne würde es angängig sein, den Werdegang der 32 Gruppen entsprechend herauszuheben. Indes haben sich mehr und mehr Bezeichnungen geltend gemacht, die jeweils das geometrische Ergebnis zugrunde legen. So ergibt z. B. in Fig. 17 die trigyrisch pediale Anlage eine trigonale Pyramide, die trigyröidisch pediale eine ditrigonale Doppelpyramide (Bipyramide). Danach nennt man die Klassen trigonal pyramidal bzw.

Sicherheit die sonst als schwierig empfundene Kristallornamentik beherrscht.

Eine Welt noch reicherer Konstruktionsideen, als sie in den hier geschilderten allgemeinen makroskopischen Kristallformen vorliegt, tut sich auf bei der Betrachtung des leptonistischen Baues der anorganischen Materie: ein Mikrokosmos, errichtet aus Atomen; er läßt sich nach demselben Leitmotiv entwickeln, dem bei obigen Darlegungen gefolgt wurde, worüber gelegentlich gleichfalls berichtet werden möge.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik.

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 22. (Seite 387—402)

30. Mai 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Baron Roland v. Eötvös' wissenschaftliche Laufbahn. Von *Dr. Desider Pekár, Budapest.* S. 387.

Die Mimikry als Prüfstein phylogenetischer Theorien. (Fortsetzung.) Von *Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Study, Bonn.* S. 392.

Fortschritte der Diphtheriebekämpfung. Von *Dr. E. Seligmann, Berlin.* S. 396.

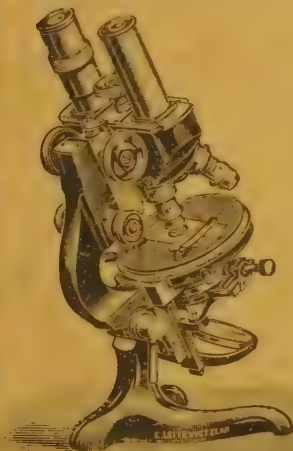
Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen):

Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft; 1919, Bd. 36, H. 8. S. 400.

Meteorologische Zeitschrift; 1917, H. 12; 1918, H. 1/2, 3/4, 5/6 und 7/8. S. 401.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

**Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren**

**Mikrophotographische und
Projektionsapparate**

**Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.**

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Peti- zeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 1/2 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pil-
len in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst,
Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten

Inhaber: Prof. Dr. **Hugo Krüss**,
Hamburg 11.

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken, über das Vorkommen, die
Entstehung und die Verwendung von Bern-
stein, sowie einzelne Stücke mit tierischen
und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.

(152)

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe

Gg. Leifegang } *Potsdamerstr. 138*
Berlin } *Jauentzienstr. 12*
} *Schloß-Platz 4*

Die großen Handbücher



von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer-
Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wasser-
mann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter,
Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. **zur Er-
leichterung der Anschaffung**
gegen bequeme Monats- oder **Quartals-
raten** ohne Preisaufschlag von

Verlag von Julius Springer in Berlin

Altes und Neues

aus der Unterhaltungsmathematik

Dr. W. Ahrens
in Rostock

Mit 51 Textfiguren. Preis M. 5.60.

(+ 10% Teuerungszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Für den biolog. Unterricht

Mikroskop. Präparate und Diapositive über Be-
fruchtung, Reifung und Furchung des Eies von
Ascaris megaloc. (Pferdespulwurm). Ein Präparat
oder Diapositiv M. 2.—.

Dr. med. Gaudlitz, Aue (Erzgeb.)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

30. Mai 1919.

Heft 22.

Baron Roland v. Eötvös' wissenschaftliche Laufbahn.

Von Obergeophysiker Dr. Desider Pekár,
Budapest.

Baron Roland von Eötvös, Ungarns größter Naturforscher, ist am 8. April in Budapest dahingegangen. Aus Anlaß seines 70. Geburtstages sind in dieser Zeitschrift in kurzen Intervallen drei¹⁾ Artikel erschienen, die die wichtigsten und in der Tragweite ihrer Resultate bedeutendsten Details der Arbeiten, dieses hervorragenden ungarischen Physikers behandelten. Mit dem dort Ausgeführten ist aber die vielseitige und nachhaltige wissenschaftliche Wirksamkeit Eötvös' keineswegs erschöpft. Um ein vollständiges, lückenloses Bild derselben zu gewinnen, wird es nötig sein, an Hand der wichtigeren Momente seiner Laufbahn das bereits Bekannte noch einmal kurz zusammenzufassen, mit den wichtigeren seiner übrigen Arbeiten zu ergänzen und so wenigstens in seinen Hauptzügen das Bild des im Stillen arbeitenden Gelehrten und gewissenhaften Universitätsprofessors auszumalen.

Baron Roland v. Eötvös ist als Sohn des Barons Josef v. Eötvös, des hervorragenden ungarischen Schriftstellers und Politikers und ehemaligen Kultusministers, am 27. Juli 1848 zu Buda geboren. Seine akademischen Studien begann er an der Pester Universität und setzte sie später in Heidelberg fort, wo er die Vorlesungen Kirchhoffs, Helmholtz' und Bunsens besuchte; kurze Zeit verbrachte er auch in Königsberg, um bei Franz Neumann zu hören. Nachdem er in Heidelberg die Doktorwürde erlangt hatte, habilitierte er sich an der Pester Universität als Privatdozent der Physik und wurde daselbst im Jahre 1872 zum ordentlichen Professor der theoretischen Physik und nach einigen Jahren auch der Experimentalphysik ernannt. Das neue physikalische Institut der Universität verdankt ihm seine Ausstattung, die, den Anforderungen der Zeit entsprechend, nicht nur zur Demonstration qualitativer Versuche, sondern auch zur Ausführung präziser Messungen und exakter physikalischer Untersuchungen geeignet ist. In seinen tief durchdachten Vorlesungen wies er stets auf das Wesentliche der Erscheinungen hin, indem er die den Naturerscheinungen zugrunde liegenden Wahrheiten vor seinen Hörern aus den Erscheinungen gleichsam herauschälte und ihrer präzisen Formulierung großes Gewicht

beilegte. Überhaupt lag ihm die Vervollkommnung des Unterrichtswesens der Hochschule sehr am Herzen, und mit deren vielseitiger Förderung hat er wesentlich dazu beigetragen, daß die kleine ungarische Nation in die Reihe der Kulturvölker Europas eintreten konnte. Dasselbe bezweckten die weitreichenden kulturellen Institutionen, die er während der kurzen Dauer seines Amtes als Minister für Kultus und Unterricht ins Leben rief. An der Wirksamkeit der Ungarischen Akademie der Wissenschaften mehrere Jahre als ihr Präsident nahm er regen Anteil. Im Jahre 1891 gründete er die ungarische Gesellschaft für Mathematik und Physik, deren Vorsitzender er bis zu seinem Tode war. Überhaupt spielt er eine tätige Führerrolle in sämtlichen naturwissenschaftlichen und vielen anderen Kulturvereinen Ungarns. Als ungarischer Delegierter der Internationalen Erdmessungskommission nahm er auch an deren Arbeiten regen Anteil.

In seiner ersten wissenschaftlichen Arbeit behandelt er die Frage, in welcher Weise die Intensität der Schwingungen der Bewegung der Schwingungsquelle und des Beobachters gemäß variiert. Sodann befaßte er sich mit einigen Erscheinungen aus dem Gebiete der Elektrostatik. Im Jahre 1875 begann er seine *Untersuchungen über die Kapillarität*. Die tiefdurchdachte und unermüdliche Arbeit eines Jahrzehntes führte zu einer neuen Versuchsmethode, der *Reflexionsmethode*, und zu dem grundlegenden *Eötvösschen Gesetz*, die in einem besonderen Artikel behandelt werden wird.

Seit Ende der achtziger Jahre befaßte er sich sozusagen ununterbrochen mit der *Gravität*, der Schwerkraft. Diese Untersuchungen bezweckten in erster Linie eine *Bestimmung der räumlichen Variationen der Schwerkraft*, und zwar mittels der Drehwage. Eötvös hat einestheils auf Grund der Potentialtheorie die *physikalische Theorie seiner Methode* bis ins kleinste Detail ausgearbeitet und sodann für die Messungen geeignete *Drehwagen* von beinahe unglaublicher Empfindlichkeit, sogenannte *Schwerevariometer*, konstruiert, mit denen sich die zu messenden geringen Größen genau bestimmen ließen. Die Empfindlichkeit seines *Gravitationskompensators* konnte er sozusagen bis ins Unendliche steigern, wodurch auch die Messung der unbedeutendsten Gravitationswirkungen möglich wurde. Als Kuriosum erwähne ich, daß man mit seinem Kompensator z. B. die Masse eines anderthalb Meter vom Apparat entfernt

¹⁾ Ein Aufsatz über die Kapillaritätsarbeiten wird in einem der nächsten Hefte erscheinen.

sitzenden Menschen bis zu ein Prozent Genauigkeit messen kann, und zwar auf Grund der Anziehungskraft, die er auf die Drehwage ausübt.

Alles dies, ausgenommen seine Kapillaritätsarbeiten, ist bereits in den früheren Artikeln ausführlich behandelt worden. Zu erwähnen sind aber noch seine *der Bestimmung der Gravitationskonstante* dienenden Beobachtungen. Zu diesem Zweck benutzte Eötvös, im Prinzip der Methode *Cavendish* folgend, größere Bleimassen, um die Drehwage abzulenken; die Ablenkung selbst wurde mittels Spiegelablesung oder durch photographische Registrierung bestimmt. Die Ablenkung bewirkenden Bleikugeln jedoch wurden, nicht wie bei *Cavendish* in gleicher Höhe mit dem Drehwagebalken, sondern auf einem darunter befindlichen drehbaren Tische derart angebracht, daß ihre anziehende Wirkung von maximalem Betrag sei. Letztere Versuchsanordnung ist nämlich in bezug auf Genauigkeit der Bestimmung vorteilhafter.

Viel empfindlicher als dieses statische Verfahren ist Eötvös' *eigene dynamische Methode*, bei welcher nicht die Ablenkung des Drehwagebalkens gemessen wird, sondern die Veränderung der Schwingungsdauer unter dem Einfluß der anziehenden Massen. Bei den Apparaten, die diesem Zweck dienen, besteht der Drehwagebalken aus einem an beiden Enden mit Messingkugeln belasteten leichten Stab, der in einen runden, flachen, doppelwandigen Metallschrank eingeschlossen ist. Die Drehwage ist zwischen zwei aus Bleiziegeln aufgebauten Bleisäulen aufgestellt, die bei 30×30 cm Grundfläche je 60 cm Höhe besitzen. Fig. 1 zeigt diese Versuchsanordnung schematisiert im Vertikalschnitt und Fig. 2 im Horizontalschnitt. Die Schwingungsdauer des Balkens wird in zwei zueinander senkrechten Lagen bestimmt, und zwar erstens in Lage *a*, wobei der Balken in der Richtung der Bleisäulen liegt, zweitens in Lage *b*, wobei er senkrecht zu denselben steht. Die Schwingungsdauer in den beiden Lagen betrug bei der Eötvösschen Versuchsanordnung ca. 640 und 860 Sekunden. Der Vollständigkeit halber ist zu erwähnen, daß ein kleiner Teil des Unterschiedes in der Schwingungsdauer nicht dem Einfluß der Bleisäulen, sondern sonstigen räumlichen Variationen der Schwerkraft seinen Ursprung verdankt. Eben deshalb muß die Schwingungsdauer auch noch für den Fall ermittelt werden, wenn die Bleisäulen aus der Nachbarschaft der Drehwage entfernt worden sind. Dies alles in Berechnung gezogen, betrug der aus dem Einfluß der Bleisäulen resultierende Unterschied in der Schwingungsdauer noch immer 203 Sekunden; ein sprechender Beweis der Empfindlichkeit des Verfahrens. Der streng mathematischen Theorie des Verfahrens gemäß ist diese Art der Bestimmung in bezug auf die erreichbare Genauigkeit außerordentlich vorteilhaft. Zieht man jedoch den Umstand in Betracht, daß die benützten Bleiziegel nicht ge-

nügend homogen waren, so dürfen diese Untersuchungen Eötvös' noch nicht als abgeschlossen gelten. Nach den bisherigen Ermittlungen beträgt der Wert der *Gravitationskonstanten*: $f = 0,000\,000\,006\,5$, und zwar bei ungefähr $\frac{1}{500}$ Genauigkeit.

Zum Nachweis geringer Gravitationswirkungen hat Eötvös außer der Gravitationskompensation noch ein anderes Verfahren, die *Gravitationsmultiplikation*, ausgearbeitet. Diesem Verfahren dient ein besonderer Apparat, welchen von oben gesehen Fig. 3 schematisiert veranschaulicht: *a* ist der Drehwagebalken, darunter ist um eine in der Verlängerung des Torsionsdrahtes liegende Achse drehbar eine Metallschiene angebracht, an deren Enden die ablenkenden Gewichte befestigt sind, deren anziehende Wirkung multipliziert werden soll. Bringt man die Gewichte in die Stellung *b*, so wird unter ihrem Einfluß der Wagebalken in der Richtung des Pfeiles abgelenkt, das heißt, er führt zwischen der neuen Gleichgewichtslage Schwingungen aus. Genau in dem Augenblick, wo der Wagebalken in der

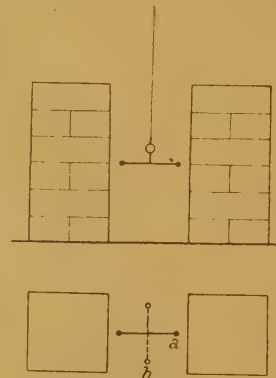


Fig. 1 und 2.

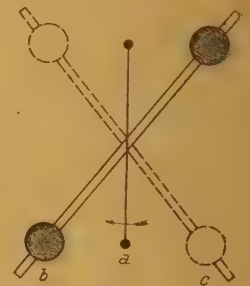


Fig. 3.

Richtung des Pfeiles schwingend die äußerste Stellung, den Wendepunkt erreicht, werden die ablenkenden Gewichte in die Lage *c* umgestellt, wodurch ihre Anziehung den Ausschlag des jetzt dem Pfeile entgegenschwingenden Balkens steigert. Mit einem Worte, werden die ablenkenden Gewichte fortgesetzt in der Schwingungsdauer des Wagebalkens gleichen Perioden aus einer Lage in die andere umgestellt, so sind mit geringen anziehenden Wirkungen große Endelongationen des Wagebalkens zu erzielen, die auf Grund der Theorie des Verfahrens genau abgeleitet werden können. Im Prinzip gleicht diese Methode dem Verfahren, mit dem man die ruhende Schaukel mittels kleiner Stöße in große Schwingungen versetzt, wenn man die Stöße im geeigneten Moment anwendet. Zu Gebrauchszwecken ist der Drehwagebalken in einen doppelwandigen, flachen, runden Metallschrank eingeschlossen. Die Umschaltung der Schiene mit dem ablenkenden Gewicht erfolgt automatisch. Ein Uhrwerk bringt in dem Bedarf gemäß eingestellten Intervallen einen elektrischen Kontakt zustande; dementsprechend führt ein elektrischer Apparat unter der Drehwage die ab-

lenkenden Gewichte aus einer Lage in die andere. Die Größe der Endelongationen ist in sehr empfindlicher Weise auf das Verhältnis der Schwingungsdauer des Balkens zu der Periode der Umlagerung der Gewichte, d. h. des Kraftwechsels, abgestimmt. Eben deshalb ist das Verfahren berufen, auch kleine in der Schwingungsdauer des Balkens eintretende Variationen zu messen, und kann z. B. bei der Untersuchung der Reibung der Gase sehr gute Dienste leisten.

Wegen ihrer großen Empfindlichkeit findet die Drehwage Eötvös' bei verschiedenen physikalischen Untersuchungen vorteilhafte Anwendung. Eötvös selbst benützte sie unter anderem, um in geeigneter Weise das Problem der Proportionalität von Trägheit und Gravität zu untersuchen. Sowohl seine eigenen, wie auch die später im Verein mit Desider Pékár und Eugen Fekete ausgeführten genaueren Untersuchungen bestätigten bis zu $\frac{1}{200\ 000\ 000}$ Genauigkeit das Gesetz, daß die Attraktion von der stofflichen Beschaffenheit der Körper unabhängig sei; diese Frage wurde übrigens bereits in einem besonderen Artikel behandelt.

Desgleichen wurden in einem besonderen Artikel auch die geophysikalischen Untersuchungen Eötvös' eingehend besprochen, im Rahmen deren er mit seinen speziell diesem Zweck entsprechend konstruierten Schwerevariometern seit 1901 die räumlichen Variationen der Schwerkraft im Freien ermittelt. Aus diesen Bestimmungen lassen sich sowohl in wissenschaftlicher als auch in praktischer Hinsicht interessante und nutzbare Schlußfolgerungen ziehen.

Zu gleicher Zeit wie mit den Untersuchungen über die Gravität befaßte sich Eötvös auch mit den räumlichen Variationen des Erdmagnetismus. Zu diesem Zweck konstruierte er zwei besondere Apparate. Der eine, das magnetische Translatometer, ist eine im großen ganzen dem einfachen Schwerevariometer ähnliche Drehwage, mit dem Unterschied, daß an dem einen Balkenende anstatt des Platingewichtes ein Magnetstab hängt. Der andere, das astatische Variometer, ist ebenfalls eine Drehwage, deren Gehänge ein leichtes Aluminiumkreuz bildet, an dessen Enden vier einander möglichst astatisierende Magnete angebracht sind. Eine ausführlichere Beschreibung der Apparate, ihrer Theorie und Anwendung ist hier nicht angebracht. Sie eignen sich nicht nur zur Untersuchung der räumlichen Variationen des Erdmagnetismus, sondern können auch zu anderen interessanten Messungen verwendet werden. So findet das magnetische Translatometer beim Studium der Erdströme vorteilhafte Verwendung. Außerdem lassen sich damit sehr geringe magnetische Eigenschaften nachweisen und genau messen. Die bisherigen Experimente führten zu dem interessanten Ergebnis, daß in sehr geringem Maße sozusagen alle Körper magnetische oder diamagnetische Eigenschaften besitzen.

Eötvös hat bei seinen geophysikalischen Messungen, wie bereits erwähnt, stets auch die erd-

magnetischen Elemente ermittelt. Zu diesem Zweck benutzte er außer den gewohnten absoluten Apparaten auch noch relative Instrumente, die bloß zur Messung der Variation der magnetischen Elemente dienten. Mit diesen leicht und rasch arbeitenden Instrumenten konnte er die Karten der magnetischen Störungen mit gleicher Ausführlichkeit entwerfen, wie auf Grund der Gravitationsmessungen. Diese ausführlichen Untersuchungen boten geeignete Anhaltspunkte zum Studium eines eventuellen Zusammenhanges der Gravitationsstörungen und der erdmagnetischen Störungen. Bezüglich dieser Frage sind auch die theoretischen Ausführungen Eötvös' von Interesse, da er darauf hinwies, daß infolge ihrer ähnlichen theoretischen Bedeutung die magnetischen Anomalien nicht mit den Anomalien der Schwere selbst, sondern mit den Anomalien der Schwerkraftgradienten zu vergleichen seien. Auf dieser Grundlage gelang es ihm auch gewisse Beziehungen festzustellen.

Von hervorragender Wichtigkeit und eminenter Bedeutung sind die neuesten Untersuchungen Eötvös', über die er in der Maisitzung 1917 der ungarischen Gesellschaft für Mathematik und Physik referierte, und zwar unter folgendem Titel: „Über die Schwere der an der Erdoberfläche bewegten Körper.“

Es ist nicht ohne Interesse, den Umstand kennen zu lernen, der Veranlassung zu diesen Untersuchungen gab. Das preußische geodätische Institut zu Potsdam ließ in den Jahren 1901 bis 1905 unter der Leitung O. Heckers im Atlantischen, Indischen und Stillen Ozean Schwerkraftbestimmungen ausführen. Diese Untersuchungen bezweckten die Klärung der Frage, ob die Massenverteilung am Meeresboden dem Gesetz der Isostasie entspreche, laut dem die Massen der festen Erdkruste derart placent sind, als ob sie in einer Flüssigkeit schwimmen würden. Diese Schweremessungen wurden auf dem in Bewegung befindlichen Schiffe ausgeführt und dabei das Verfahren H. Mohns angewendet, dessen Prinzip in einer gleichzeitigen Ablesung des Siedepunktes des Wassers und der Stellung des Quecksilberbarometers besteht. Aus diesen beiden Angaben läßt sich nämlich die Schwerkraft berechnen, da der Siedepunkt des Wassers nur vom Luftdruck, der Stand des Quecksilberbarometers aber außerdem auch von der auf das Quecksilber wirkenden Schwerkraft abhängt. Laut den veröffentlichten Resultaten der Messung entspricht die Massenverteilung am Meeresboden dem Gesetze der Isostasie. Bei dem Studium dieser Veröffentlichung machte Eötvös die interessante Entdeckung, daß Hecker bei der Aufarbeitung der Angaben einen wichtigen Faktor nicht in Rechnung gezogen habe, und zwar die Eigenbewegung des Schiffes, welche den Wert der Schwerkraft in die Genauigkeit der Messungen weit übertreffendem Maße beeinflusst.

Die Schwerkraft ist, wie bereits in einem der vorigen Artikel erwähnt wurde, die Resultierende zweier Kräfte, der Anziehungskraft der Erde und der infolge der Rotation auftretenden Zentrifugalkraft. Da die Massenverteilung und die Rotationsgeschwindigkeit der Erde konstant sind, bleibt auch das Gewicht auf der Erde ruhender Körper konstant. Bei bewegten Körpern aber liegen die Verhältnisse anders. Die Erde dreht sich nämlich von West nach Ost, und deshalb ist *die Rotationsgeschwindigkeit ostwärts bewegter Körper größer als die der Erde*, woraus eine größere Zentrifugalkraft und dementsprechend eine geringere Schwere resultiert, da der große-

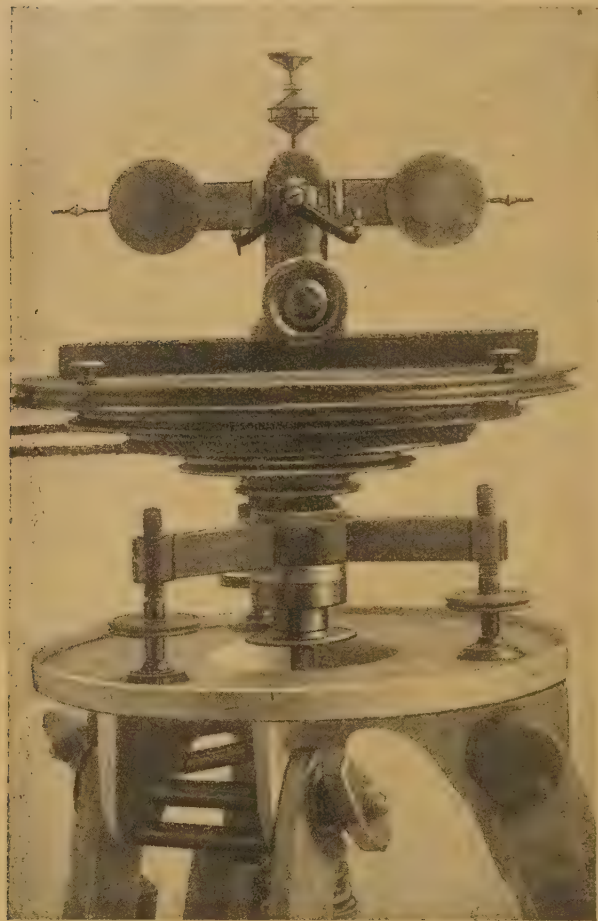


Fig. 4.

ren Zentrifugalkraft entsprechend ein größerer Betrag von der Anziehungskraft der Erde in Abzug kommt. Die westwärts gerichtete Bewegung hingegen zieht eine Abnahme der Rotationsgeschwindigkeit und dementsprechend entgegengesetzte Wirkungen nach sich. Mit einem Worte: *auf der Erdoberfläche ostwärts bewegte Körper erleiden eine Abnahme, westwärts bewegte eine Zunahme der Schwere bzw. des Gewichtes.*

Durch Eötvös aufmerksam gemacht, führte Hecker im Jahre 1909 zur Klärung speziell die-

ser Frage im Schwarzen Meere neue Messungen aus. Die Bestimmungen wurden gleichzeitig auf zwei Schiffen vorgenommen, deren eines ostwärts, das andere aber westwärts fuhr. Die gewonnenen Ergebnisse bestätigten vollkommen die Richtigkeit der Eötvösschen Auffassung. Hecker nahm daher eine Korrektur seiner früheren Beobachtungen vor und veröffentlichte sie sodann aufs neue. Später wurde im Zusammenhang mit dem Relativitätsprinzip die Richtigkeit dieser Feststellungen von verschiedenen Seiten wieder in Zweifel gezogen. Alles dies bewog Eötvös, eine Versuchsanordnung zu konstruieren, mittels der sich diese Wirkungen unmittelbar demonstrieren ließen.

Das hierzu dienende Instrument, dessen Abbildung Fig. 4 gibt, besteht eigentlich aus einer empfindlichen Wage, an deren Armen anstatt der Schalen größere Gewichte angebracht sind. Die Wage steht auf einer drehbaren Unterlage, die mittels eines Antriebes durch ein entsprechendes Uhrwerk in gleichmäßige Drehung versetzt werden kann. Die Schwingungen der Wage werden mit Hilfe des kleinen Spiegels abgelesen, der im obersten Teil der Figur sichtbar ist: Ein aus kleiner Öffnung austretendes Strahlenbündel fällt auf den Spiegel, dann wird durch Einschalten einer geeigneten Linse das reflektierte Bild desselben auf den Schirm projiziert.

Läßt man die Wage rotieren, so muß im Sinne des oben Gesagten der westwärts laufende Arm schwerer, der ostwärts laufende hingegen leichter werden, und dementsprechend ein Ausschlag erfolgen. Es kommen, mit einem Worte, während der Rotation der Wage impulsartige Wirkungen zur Geltung, die aber sehr gering sind. Zum Nachweis dieser geringen Wirkungen bediente sich Eötvös des Resonanzprinzipes. Läßt man nämlich die Wage mit solcher Geschwindigkeit rotieren, daß die Rotationszeit der während der Rotation gültigen ganzen Schwingungsdauer des Wagebalkens gleich sei, so wird der Impuls stets in dem Moment auftreten, wo er den Wagebalken in stetig größere Schwingungen versetzt. So kann also die Wirkung multipliziert und im Endergebnis eine maximale Elongation gewonnen werden, die außer von der Größe der Impulse noch durch die an der Kante auftretende Reibung und den Luftwiderstand, also durch die hemmenden Kräfte, bedingt ist.

Die Bestimmung des Wertes der in der Schwerkraft auftretenden Veränderung auf Grund der maximalen Amplitude ist schwerfällig und nicht genau genug. Deshalb ermittelte Eötvös die zu messende Wirkung auf andere Weise, indem er sie mit einer bekannten und leicht meßbaren Kraft, und zwar mit der elektromagnetischen Kraft, kompensierte. Vor allem wurde am Orte der Wage die horizontale Komponente der erdmagnetischen Kraft durch in geeigneter Weise angebrachte Magnete aufgehoben,

damit ihr störender Einfluß ausgeschlossen sei. Am Wagebalken wurden kleine vertikal gerichtete Magnete befestigt und in der Nähe der Wage eine größere Spule derart placiert, daß ihre Achse in nord-südlicher Richtung und horizontal liege. Alsdann wurde die Intensität des in der Spule kreisenden Stromes so lange variiert, bis die Schwingungen der rotierenden Wage völlig aufhörten, die durch die Spule entwickelte magnetische Kraft somit die infolge der Rotation auftretende Wirkung völlig kompensierte. Sind die Intensität des Kompensationsstromes, ferner die Daten der Spule und der auf dem Wagebalken angebrachten Magnetes sowie ihre gegenseitige Lage bekannt, so läßt sich daraus die Größe der zu ermittelnden Wirkung berechnen. Auf Grund dieses Wertes und der Kenntnis der geographischen Breite des Beobachtungsortes aber läßt sich weiterhin die Rotationsgeschwindigkeit der Erde bestimmen.

Derart hat Eötvös die Richtigkeit seiner Bemerkungen zu Heckers Messungen durchs Experiment bestätigt. Das Experiment selbst ist übrigens ein neuer glänzender Beweis für die Achsendrehung der Erde. In seiner Bedeutung übertrifft es sogar die klassischen Pendelversuche *Foucaults*, der auf ganz anderem Wege ebenfalls die Rotation des Erdballs nachweist. Die große Bedeutung des *Eötvösschen Versuches mit der rotierenden Wage* liegt darin, daß es der erste Versuch ist, der die *Schwere mit der Bewegung in Beziehung bringt*, auf dieser Grundlage in unmittelbare Beziehung tritt zu dem *Relativitätsprinzip* und der darauf basierten *Gravitationstheorie von Einstein* sowie mit sämtlichen Problemen, die den Aufbau und die Struktur des Weltsystems betreffen.

Erwähnung verdient endlich noch, daß Baron v. Eötvös mehrere originelle Apparate zu Demonstrationszwecken konstruiert und verschiedene originelle Experimente zu Vorlesungszwecken zusammengestellt hat, wobei er großes Gewicht darauf legte, daß in den Experimenten die zu demonstrierende Erscheinung und ihr Prinzip möglichst ins Auge fallend, sozusagen in frappanter Weise hervortrete. Ferner war er stets bestrebt, die Erscheinungen der Möglichkeit nach nicht nur qualitativ zu demonstrieren, sondern in den Experimenten auch die quantitativen Verhältnisse in anschaulicher Weise darzustellen.

Der wissenschaftlichen Tätigkeit des Barons Roland v. Eötvös wurden auch verschiedene äußere Anerkennungen zuteil. Von der ungarischen Akademie der Wissenschaften wurde er im Jahre 1897 mit dem Grand Prix, von der Gesellschaft für Naturwissenschaften im Jahre 1911 mit der Szily-Medaille ausgezeichnet; die Berliner Akademie der Wissenschaften wählte ihn zum auswärtigen Mitgliede, die Universitäten zu Krakau und Kristiania promovierten ihn zum Ehren-

doktor. Im Jahre 1881 wurde er zum Ritter der französischen Ehrenlegion ernannt. König Franz Josef verlieh ihm 1909 die Würde eines Wirklichen Geheimrates und zeichnete ihn 1907 mit dem Abzeichen „Pro litteris et artibus“ aus.

In dem Bisherigen haben wir die wichtigeren Abschnitte der wissenschaftlichen Wirksamkeit Eötvös' zusammengefaßt. Außer den angeführten hat er sich noch mit mehreren interessanten Problemen der Physik befaßt und so manchesmal bedeutungsvolle Wahrheiten in denselben aufgefunden, doch hielt er diese Resultate nicht für vollständig und reif genug, um sie zu publizieren. In einem akademischen Vortrag äußert er selbst sich darüber: „Warum genügt dem Forscher nicht der ihm gegebene unbeschreibliche Genuß, den die Entdeckung jeder, auch der geringsten Wahrheit bietet?“ Und wahrlich, als still und bescheiden arbeitender, wahrer Gelehrter hat er seine wissenschaftlichen Forschungen in erster Linie sich selbst zur Befriedigung betrieben. Ähnlich den übrigen Klassikern der Physik veröffentlichte er nur die hauptsächlichsten Details und wichtigsten Ergebnisse seiner Forschungen. Durchblättert man seine verhältnismäßig kurzen Abhandlungen heute, wo so häufig unbedeutende und gehaltlose wissenschaftliche Abhandlungen dutzendweise erscheinen, so denkt man wohl nicht daran, daß in jeder Seite derselben Monate und oft Jahre unermüdlicher Arbeit stecken, und daß die scheinbar nur so hingeworfenen Werte meistens das Endresultat einer langen Reihe von experimentellen Beobachtungen bilden. So füllen z. B. die nicht veröffentlichten Schriften seiner geophysikalischen Untersuchungen eine kleine Bibliothek aus! Dieser Umstand macht es erklärlich, warum das Ausland der wissenschaftlichen Wirksamkeit Eötvös' so lange Zeit hindurch nicht den Wert beilegte, der derselben ihrer Bedeutung und ihrem inneren Gehalt nach zukommt. Wir müssen jedoch mit Genugtuung konstatieren, daß sich diese Auffassung heute schon geändert hat, und die grundlegende und folgenreiche Bedeutung seiner wissenschaftlichen Arbeiten bereits von der ganzen wissenschaftlichen Welt anerkannt ist. Seine Gravitationsmethode und seine Schwerevariometer z. B. sind in sämtlichen bedeutenderen Staaten Europas sowie auch im fernen Japan bekannt und in Verwendung. An ihm erfüllte sich, was er selbst noch vor Jahrzehnten gelegentlich einer Generalversammlung der ungarischen Akademie der Wissenschaften als Vorsitzender in seiner Eröffnungsrede den Mitarbeitern der Wissenschaften aneifernd gesagt hat: „Ein wahres Siegesfest wird es sein, wenn die Fortschritte der Wissenschaften in Ungarn von der ganzen Welt bemerkt und als allgemeine Bereicherung betrachtet werden!“

Die Mimikry als Prüfstein phylogenetischer Theorien.

Von E. Study, Bonn.

(Fortsetzung.)

Betrachten wir nun noch einen letzten Erklärungsversuch — historisch den ersten —, den einzigen ernst zu nehmenden, der noch übrig zu bleiben scheint.

Im wesentlichen mit *Bates*, *Wallace* und *Fritz Müller* nehmen wir nunmehr an:

1. daß die sogenannten Nachahmer von ihrer Ähnlichkeit mit anderen Gegenständen einen gewissen Nutzen haben, der auf der Möglichkeit einer Verwechselung beruht;

2. daß in der Regel der heute zu beobachtende Grad von Ähnlichkeit zusammen mit einer Steigerung des genannten Nutzens im Laufe einer sehr langen Zeit durch Summierung kleinerer Änderungen (Mutationen) allmählich zustande kam, und zwar unter dem Einfluß der Selektion.

Nützlich (schädlich) nennen wir, was die Ansicht eines Tieres oder einer Pflanze, eine unbegrenzte Zahl von Nachkommen zu hinterlassen, vermehrt (vermindert). Die aus welchen Ursachen auch immer hier und dort und von Zeit zu Zeit eintretenden erblichen Änderungen (Mutationen) werden dann notwendigerweise nützlich oder schädlich sein, oder keines von beiden. Sie mögen vielleicht nur selten nützlich, in den meisten Fällen aber schädlich oder gleichgültig sein. „Das Passendste überlebt“, d. h. es wird in vielen hintereinander geschalteten, einzeln wohl meistens nicht sehr wirkungsvollen Siebungsprozessen schließlich ausgesiebt. Durch Wiederholung eines solchen Vorgangs wird eine immer bessere Ausnutzung der äußeren Bedingungen erreicht, oder es werden ungünstige Änderungen dieser Bedingungen kompensiert, so daß unter Umständen eine gefährdete Art vor dem gänzlichen Aussterben bewahrt werden kann. Ist die angenommene Selektionswirkung auch noch so schwach, so müssen die relativ ungünstigen Entwicklungsanlagen schließlich, wenn auch vielleicht erst nach sehr langer Zeit, völlig ausgetilgt werden¹⁾.

Im Falle der Mimikry wird nun bei den verfolgten Tieren der behauptete Nutzen darin gefunden, daß die nachgeahmten Gegenstände — die Modelle — den Verfolgern als gefährlich (Wespen, Giftschlangen), giftig, widerlich, unschmackhaft oder sonst ungenießbar bekannt sind, genauer ihnen nach einiger Erfahrung bekannt werden. Soll eine Verwechselungsmöglichkeit bestehen, so müssen die anzunehmenden Verfolger mit den nötigen Fähigkeiten ausgestattet sein. Daraus folgt nicht (wie man gedankenloserweise behauptet hat), daß die Verfolger Farben genau

so sehen müssen wie wir. Aber allerdings müssen wir annehmen, daß Farben auch von ihnen unterschieden werden, und daß Farben, die uns als gleich erscheinen, auch ihnen als gleich oder wenig verschieden erscheinen werden²⁾. Soll die Möglichkeit einer Verwechselung etwas helfen, so dürfen die Modelle nicht zu selten sein (Blätter, Flechten, Seetang, Vogeldung, Wespen, häufige Schmetterlinge usw.).

Was gegen den Selektionsgedanken im allgemeinen vorgebracht worden ist, kann hier nicht erörtert werden. Es richtet sich meistens gegen offenbare Mißverständnisse (z. B. der Vorwurf des „Anthropomorphismus“ oder eines *circulus vitiosus*) und Übertreibungen (Allmacht der Naturzüchtung).

Die besonderen Einwände gegen die selektionistische Mimikrytheorie aber dürften in der Hauptsache diese sein:

I. Ähnlichkeiten, die nicht (oder doch nicht ausschließlich) auf Verwandtschaft beruhen können, kommen auch da vor, wo sie keinerlei Nutzen zu bringen vermögen; so besonders bei geographischer (oder biologischer) Trennung („Pseudomimikry“, „Museumsmimikry“). Die schon wiederholt genannten Autoren *Eimer*, *Piepers*, *Géza Entz sen.* haben allerlei Beispiele dafür beigebracht, die sich noch bedeutend vermehren ließen. Aber es handelt sich bei der Mimikry doch nicht nur um Ähnlichkeiten. Wenn in einzelnen Fällen die nötige Vorsicht verabsäumt worden ist, so hat das mit der Theorie nichts zu tun. Außerdem haben die genannten Autoren und meines Wissens auch alle anderen Vertreter ähnlicher Lehrmeinungen einen Umstand außer Acht gelassen, der denn doch sehr wesentlich sein dürfte: Die Häufigkeit solcher Übereinstimmungen, die mit Mimikry sicher nichts zu tun haben, verringert sich schnell, wenn man von einfachen zu verwickelteren Zeichnungsmustern und von verwandten Gattungen zu solchen übergeht, die einander ferne stehen. Die schönsten Beispiele finden sich immer in nächstverwandten Gattungen, so unter Schmetterlingen *Pyrameis atalanta* und *Antanartia abessinica*, oder das von *Eimer* abgebildete Paar *Adelpha erotica*, *Limenitis zayla*. Zwischen ganzen Familien fehlen solche Übereinstimmungen vollständig, und in anderen Fällen handelt es sich um sehr einfache Zeichnungsmotive, die in größeren Sippen verbreitet sind, und dann, bei der Massenhaftigkeit ihres Vorkommens, hier und da fast mit Notwendigkeit eine zufällig genauere Übereinstimmung hervorbringen mußten. Dahin gehören z. B. die ebenfalls von *Eimer* abgebildeten Paare *Limenitis daraxa*, *Charaxes brutus* und *Papilio zenobia*, *Zethenia pimplea*. Es scheinen also doch verwandtschaftliche Beziehungen mit

¹⁾ Auch dann, wenn die benachteiligte Anlage oder Kombination von Anlagen rezessiv ist (was *E. Baur* in seiner Vererbungslehre, 1914, S. 325—329, bestritten hat).

²⁾ Meistens kommt nur der langwellige Teil des Spektrums in Betracht. In einigen Fällen aber, besonders bei der indomalayischen Gattung *Euploea* und ihren Nachahmern, auch blau und violett, die dann Strukturfarben sind.

der Entwicklung einer solchen Formengleichheit recht vieles zu tun zu haben. Die Art ihrer geographischen Verbreitung aber ist von der der Mimikrytiere *völlig* verschieden, was die genannten Autoren ganz unbeachtet gelassen haben.

Überhaupt muß man sich wundern, wie wenig geläufig manchen Naturforschern die statistische Betrachtungsart ist, und wie wenig Gewicht ihnen die Tatsachen der Tiergeographie zu haben scheinen. Es ist, als ob solche Autoren den Blick gar nicht über Einzelheiten erheben könnten. Und doch war es gerade die auffallende Wiederholung eines sonst (außerhalb von Südamerika) nicht vorkommenden Zeichnungsmusters am Amazonasstrom, die Bates zur Aufstellung seiner Mimikrytheorie veranlaßt hat. Man hat die Theorie gar nicht verstanden, die mah so leidenschaftlich kritisiert!

Auch daß bei Schlangen, neben vielen regellos verteilten Ähnlichkeiten, wirkliche Mimikry vorkommt, würde man bei gehöriger Bewertung der tiergeographischen und systematisch-statistischen Tatsachen nicht so bestimmt in Abrede gestellt haben, wie es geschehen ist.

Weitverbreitet finden wir „Pseudomimikry“ — „Museumsmimikry“ — bei den Gehäusen von Schnecken¹⁾. Auf dieses Beispiel will ich noch etwas näher eingehen, um zu zeigen, wie völlig verschieden es von dem Fall der Mimikrytiere ist.

Wie allgemein angenommen wird, sind alle Schnecken, wenn auch nur weitläufig, untereinander verwandt, und diese Verwandtschaft offenbart sich sehr deutlich in Bau und Art des Wachstums der Schneckenhäuser, mögen nun solche Schalen spindelförmig oder konisch oder kugelig oder flach aufgerollt sein oder die Gestalt von Näpfen haben. Mehr oder minder deutliche Wachstumslinien kreuzen sich auf diesen Schalen mit Zuwachsstreifen. Skulpturen, farbige Bänder folgen den Wachstumslinien, Flecken und andere Ornamente wiederholen sich auf den wachsenden Schalen periodisch. Wenn aber die Schnecke ausgewachsen ist, so bildet sie, bei vielen Arten, einen Mundsaum, dessen Gestaltung dann etwas reicher an Abwechslung ist.

Unter diesen Umständen ist nun folgendes zu erwarten:

1. Daß auch unter anatomisch recht abweichenden Schnecken nahezu dieselben Gestalten der Häuser, dieselben Skulpturen und Zeichnungen wiederkehren *müssen*. Denn gering ist ja die Mannigfaltigkeit der Gestalten, die überhaupt zur Verfügung steht, ungeheuer groß aber die Zahl der von den Systematikern unterschiedenen Arten von Gehäuseschnecken;

2. daß bei verwickelterer Gestaltung des Mundsaums solche Ähnlichkeiten in der Gesamt-

erscheinung der Häuser erwachsener Tiere schon sehr viel seltener auftreten werden;

3. daß da, wo besonders ausgestaltete Verschlussvorrichtungen vorkommen (*Clausilia*), die Wiederholung überhaupt unterbleibt;

4. daß die geographische Verteilung solcher Ähnlichkeiten unregelmäßig sein wird, soweit nicht erkennbare äußere Einwirkungen mitspielen (z. B. Verdickung oder Neigung der Schalen zu Auswüchsen bei starkem Kalkgehalt der Umgebung);

5. daß sie keinerlei Beziehung zum Wechsel von Tag und Nacht zeigen werden;

6. daß von einer Beziehung solcher Ähnlichkeiten zur Schmackhaftigkeit oder einer etwaigen Ungenießbarkeit der beteiligten Tiere ebenfalls keine Rede sein kann.

Alles das stimmt, soviel ich sehe, zu den Tatsachen — wenigstens ist Gegenteiliges meines Wissens nie behauptet worden —, und alles das unterscheidet den Fall der Schnecken scharf von dem der Mimikrytiere.

Wie hat man nur so ganz verschiedene Erscheinungen in denselben Topf werfen können! Und keinerlei Anlaß liegt auch im Falle der Schnecken vor, von einer unbegreiflichen „Homöogenese“ zu reden. Was aber soll man gar zu der Behauptung *Eimers* sagen, das stammesgeschichtliche Wachstum könne nur „nach wenigen Richtungen hin“ stattfinden! Daß es nicht auf jede „beliebige“ Weise erfolgen kann, ist gewiß. Auch ein Kristall wächst nicht auf alle erdenklichen Arten. Aber warum sollen es denn immer nur wenige Richtungen sein? Sehen wir nicht in vielen Sippen einen geradezu verwirrenden Formenreichtum?

II. In den Fällen „sogenannter Mimikry“ selbst hat man versucht, den von der Theorie angenommenen Nutzen zu leugnen.

Der Natur der Sache nach ist ein ganz einwandfreier direkter Nachweis dieses Nutzens nicht so leicht zu führen, und wenn dieser Nutzen nicht vorhanden sein sollte, so wird ein überzeugender Beweis dafür noch viel schwerer zu erbringen sein. Gegen Experimente mit gefangenen Tieren werden sich immer Einwendungen erheben lassen, sonst aber bietet sich Gelegenheit zu brauchbaren Beobachtungen gar nicht so häufig. Wenn ein Schmetterling verfolgt, der Vogel einen bestimmten Falter in Ruhe läßt, so muß auch beobachtet worden sein, ob er ihn gesehen hat, sodann können seine Motive verschieden sein, und um zu wissen, ob der Schmetterling z. B. ein Danaidennachahmer oder selbst eine Danaide war, muß man ihn erst noch fangen. Übrigens hat man beobachtet, daß Ameisen über Spannerraupe hinweglaufen, die Aststückchen imitieren.

Bei billiger Beurteilung der vorhandenen Schwierigkeiten kann wohl diese viel umstrittene Frage als zuungunsten der Skeptiker entschieden gelten, deren mehrere ihren Zweifeln

¹⁾ *M. v. Linden*, Unabhängige Entwicklungsgleichheit (Homöogenese) bei Schneckengehäusen. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 63, 1918. Auch als Sonderdruck: Tübinger Zoologische Arbeiten II., Nr. 11 (1898).

eine viel zu bestimmte Fassung gegeben hatten — wie es in solchen Fällen üblich ist. Experimente und Beobachtungen in freier Natur haben zwar, wie zu erwarten, wechselnde Ergebnisse geliefert, weisen aber im ganzen in dieselbe Richtung. Besondere Verdienste hat sich darum ein südafrikanischer Forscher, *G. A. K. Marshall*, erworben. Aber natürlich bleibt im einzelnen noch unendlich Vieles zu tun. Hier liegt, wohl für lange Zeit noch, ein dankbares Feld fruchtbarer Forschung.

Als Verursacher der Mimikryerscheinungen kommen unter Feinden von Insekten kaum die wenig wählerischen, nach *v. Heß* auch wahrscheinlich farbenblinden Spinnen, Libellen, Fangheuschrecken und Raubfliegen in Betracht, sondern Vögel und daneben besonders Eidechsen¹⁾. Von der Art der Verfolgung — einer auch in geologischem Maße lange dauernden Verfolgung — muß es abgehangen haben, ob bei Schmetterlingen die Oberseite oder die Unterseite der Flügel oder beide Seiten einer mimetischen Umgestaltung unterlagen.

Leider eignen sich gerade unsere Gegenden am wenigsten zu solchen Beobachtungen. Mimikry im engeren Sinne bei Schmetterlingen, die meistens die bequemsten Beobachtungsobjekte sind, ist in der ganzen gemäßigten Zone nicht häufig, da die meisten Modelle und sehr viele Nachahmer (Syntomiden und andere) tropischen Familien angehören. Sodann findet bei uns im Sommer jeder Vogel einen gedeckten Tisch, und auf diesem gibt es wohl schmackhaftere Bissen als z. B. Schmetterlinge und Käfer mit vielen ungenießbaren Hartteilen. In den Tropen wird sehr wahrscheinlich eine allgemeinere und lebhaftere Verfolgung solcher Tierchen nur zu Zeiten besonderer Dürre einsetzen, wenn beliebteres Futter spärlich ist, und dann werden sich vermutlich auch solche Tiere an der Verfolgung beteiligen, die sonst andere Nahrung vorziehen. *Ist das richtig, so kann man die Intensität der bewirkten Auslese nicht nach den Beobachtungen gewöhnlicher Jahre beurteilen.*

Zu berücksichtigen ist auch, daß die heutige Tierwelt nicht identisch ist mit der, die — nach der Theorie — die Ausbildung der Mimikryerscheinungen verursacht hat. Noch nicht lange ist es her, daß über unseren Planeten die Eiszeit dahingegangen ist, die, nach Meinung von Geologen, sich auch in den Tropen als eine Pluvialzeit fühlbar gemacht hat und gewiß auch dort Änderungen verursacht haben wird, die nicht rückgängig geworden sind. Wo ein Hin- und Herfluten leichter möglich war als gerade bei uns, da entfaltet sich ein reicheres Leben schon in der gemäßigten Zone, und dort sind dann auch die Mimikryerscheinungen häufiger (Ostasien, Nordamerika).

Ferner hat auch der Mensch gewaltige Umgestaltungen der Tierwelt herbeigeführt, z. B. durch Dezimierung von Vögeln, und wohl mehr noch durch Ausrottung von Futterpflanzen. Da sich diese Wirkungen in ihrer Gesamtheit gar nicht übersehen lassen, so kann *Beobachtungen mit negativem Ergebnis, die in Kulturländern angestellt sind, eine sonderliche theoretische Bedeutung nicht beigelegt werden.*

Es muß auffallen, daß bei Gegnern der Mimikrytheorie diese Umstände gar keine Beachtung gefunden haben. (S. z. B. *Proc. Ent. Soc. London* 1897, pp. XX—XLVII.)

III. Eine große und also unwahrscheinliche Ähnlichkeit muß angeblich schon da sein, um überhaupt die Verwechselung eines verfolgten Tieres mit seinem gemiedenen Modell zu ermöglichen. Dies ist ein recht schwacher Einwand. Offenbar kommt es auf die besonderen Umstände an. Tiere, die in der Sammlung allerdings mit ihren Modellen nicht zu verwechseln sind, besonders bei verschiedener Körpergröße, können im Leben und in ihrer natürlichen Umgebung sehr leicht Täuschungen veranlassen. Die Beleuchtung, die Entfernung, der Hintergrund, von dem z. B. ein fliegender Falter sich abhebt, ob der Beobachter selbst sich bewegt oder nicht, ob er monokular oder binokular sieht, alles das ist nicht gleichgültig. Anzunehmen, daß es auch für tierische Verfolger, wie für uns Menschen, ein Mehr und Minder von Aufmerksamkeit oder Hunger- und Unterschiede im Beobachtungstalent gibt, ist kein Anthropomorphismus. Man erinnere sich also, wie manche arme Kuh schon für einen Rehbock angesehen worden ist.

Zudem werden bei Einsetzen der mimetischen Annäherung die Verfolger wohl andere gewesen sein als heute, und kaum mit denselben Fähigkeiten ausgestattet. Ferner werden (im Falle eigentlicher Mimikry) auch die Modelle meistens nicht so ausgesehen haben, wie sie heute aussehen. Daß man immer sollte erraten können, wie Modelle und Mimetiker vor Äonen beschaffen waren, um dann auch noch genau zu sagen, auf was für Zwischenstufen der heutige Zustand erreicht wurde, ist natürlich zuviel verlangt von einer historischen Theorie, die sich auf eigentlich-historisches Material gar nicht stützen kann. Man muß zufrieden sein, wenn so etwas unter besonders günstigen Umständen hier und da einigermaßen gelingt (*Papilio merops*, *daunus*, *Perrhybris pyrrha* und einige andere).

Viel mehr Interesse hat der folgende Einwand *Eimers* und Anderer:

IV. Manchmal geht die tatsächlich vorhandene Ähnlichkeit weit über das hinaus, was zur Herbeiführung einer Täuschung (oder besser vieler Täuschungen) nötig wäre. So ist es wirklich. Nicht nur werden in manchen Fällen geringfügige Einzelheiten auf eine erstaunliche Art kopiert. öfter macht auch noch bei Übergang der Modelle

¹⁾ Indessen verdient doch eine Beobachtung von *Bates* in Erinnerung gebracht zu werden, derzufolge Libellen und Raubfliegen die in Schwärmen dahinsieglehenden *Ithomiinae* und *Heliconinae* in Ruhe zu lassen pflegen. *Belt* hat das bestätigt.

zu vakarierenden Formen der Nachahmer die Änderungen mit. Das sind die Fälle, in denen der europäische Sammler keinerlei Gefahr von Museumsmimikry zu fürchten braucht. Ich nenne aus der an diesem Artikel besonders reichen süd-amerikanischen Schmetterlingsfauna:

<i>Cosmodesmus lysithous</i>	} → <i>Psarmacophagus</i>
<i>Papilio hectorides</i> ♀	
<i>Aprotopos psidii</i>	} → <i>Thyridia confusa</i> ¹⁾
<i>Ismorphia orise</i> ♀	
<i>Heliconius aristiona</i>	→ <i>Melinaea mothone</i>
<i>Heliconius ismenius</i>	→ <i>Melinaea messatis</i>
<i>Heliconius cassandra</i>	→ <i>Tithorea cassandra</i>
<i>Heliconius tolima</i>	→ <i>Tithorea Humboldti</i> .

Namentlich die Tithoreanachahmer wirken verblüffend. Nicht zu vergessen sind auch Falter aus der Familie der Syntomiden, die ihren Vorbildern, gefürchteten Wespen, sogar die Taille und das Trugbild eines Stachels entlehnen — beides unerhörte Erscheinungen unter Schmetterlingen.

Gegenüber dem allen ist zu bedenken, daß es eine absolute Sicherung des Verwechsellwerdens und eine bestimmte Grenze der vorteilhaften Ähnlichkeit denn doch nicht geben kann. Die wirkliche Folgerung aus dem Gesagten dürfte die sein, daß sehr scharfsichtige Verfolger und ganz ungeheure Zeiträume zur Herstellung eines solchen Maßes von Ähnlichkeit nötig waren. Über den ersten Punkt weiß man aus Beobachtung bis jetzt leider gar nichts; auf den zweiten werde ich am Schlusse zurückkommen.

V. Als Nachahmer geschützter Modelle erscheinen zuweilen Tiere (Schmetterlinge), die „es gar nicht nötig haben“, die nämlich selbst geschützt sind (*Eimer*, *Piepers* und viele Andere).

Natürlich sagt die Theorie gar nicht, daß nur solche Tiere, die dem Aussterben nahe sind, einer mimetischen Umgestaltung unterliegen können. Dieser Einwand hat also überhaupt keinen Sinn, und das wird auch dadurch nicht geändert, daß er immer wieder von neuem vorgebracht wird. Von der wechselseitigen Beeinflussung geschützter Arten aber handelt die erweiterte („Müllersche“) Mimikrytheorie, von der die ältere („Batessche“) Mimikrytheorie nur ein Grenzfall ist.

Besondere Beachtung verdient der vielfach übersehene Umstand, daß bei sehr seltenen Arten es gleichgültig sein muß, ob sie selbst geschützt sind oder nicht: Nicht so leicht werden dann demselben Verfolger bald hintereinander zwei Exemplare einer solchen Art vor Augen oder vor den Schnabel kommen. So sind die Helikonier, die *Tithorea*-arten gleichen, alle reine Nachahmer von diesen; wiewohl sie vielleicht alle selbst geschützt sind, hat doch ihr Dasein gar keinen umgestaltenden Einfluß auf die viel massenhafter auftretenden und dabei wahrscheinlich sehr altertümlichen *Tithorea*-arten ausgeübt.

¹⁾ Ich glaube *Aprotopos psidii* als einfachen Nachahmer, nicht als mit *Thyridia confusa* durch Müllersche Mimikry verbunden auffassen zu sollen.

Bei den großen Mimikryringen begegnet eine genaue Beurteilung des wirklichen Verhältnisses der widerlichen Arten großenteils unüberwindlichen Schwierigkeiten. Weder weiß man, wie sie ursprünglich ausgesehen haben, noch kennt man ihre durchschnittliche Häufigkeit in der geologischen Vergangenheit. Ist doch schon die relative Häufigkeit lebender Arten sehr schwer abzuschätzen.

Englische Forscher, wie *F. A. Dixey* und *E. B. Poulton*, der sich besondere Verdienste um die Erforschung der Mimikry erworben hat, wollen vielfach auch da noch Müllersche Mimikry sehen, wo man sie sonst nicht annimmt. Ich finde, mit *A. Jacobi*, das wenig überzeugend, meine sogar, daß zuweilen das Umgekehrte zutrifft, kann aber hier auf diesen Punkt nicht näher eingehen.

VI. Es geschieht zuweilen, daß das Verbreitungsgebiet eines angeblichen Nachahmers über das des Modells hinausgreift. Also, heißt es, ist an Mimikry nicht zu denken (*Piepers*). Warum denn nicht? Die Verhältnisse können sich doch ändern, oder der Nachahmer mag Wanderungen dahin ausführen, wo er minderen Nachstellungen ausgesetzt ist, und wohin ihm das Modell nicht zu folgen vermag, z. B. wegen Abwesenheit seiner Futterpflanzen. Modelle können auch zurückgedrängt werden durch Überhandnehmen von Ichneumoniden (soweit sie nicht auch gegen diese geschützt sind), ferner durch Pilzkrankheiten und Änderungen des Klimas. Erst wenn jene Vorkommnisse die Regel wären, würden sich ernstliche Bedenken ergeben. Aber das Gegenteil trifft zu, so daß man sich eher über die Seltenheit eines solchen Sachverhalts wundern sollte.

Natürlich darf man auch nicht annehmen, daß der Verlust des Modells immer gleich am Nachahmer sich bemerkbar machen wird. Wo engere Verbreitungsgebiete noch zusammenhängen, wird so etwas kaum zu erwarten sein.

Lehrreich ist das Verhalten der Nymphalide *Argynnis hyperbius*, deren mimetisches Weibchen („*niphe*“) wohl nicht (wie sonst angegeben wird) Nachahmerin von *Danaüs chrysippus*, sondern von *Cethosia*-arten ist, deren Raupen gleich den verwandten südamerikanischen *Mara-cujá*-faltern, Passionsblumenlaub fressen. Die verbreitetste Form gleicht im Weibchen sehr dem Männchen der nordindischen *Cethosia cyane*, sie kommt aber auch weiter im Süden vor, wo das genannte Modell durch die (mir im ♂ unbekannte) *Cethosia Nietneri* vertreten wird, und sie fliegt auch noch in Abessinien, wo es keine Cethosien gibt. Auf Java, wo die dunklere *Cethosia penthesilea* fliegt, ist diese Modell des Weibchens einer ebenfalls verdunkelten Form, *Argynnis javanica*, geworden. In Australien endlich, wohin die Cethosien nicht gekommen sind, ist die auch sonst noch nicht überall abgeschlossene mimetische Umbildung gar nicht eingetreten: Das ♀ sieht dort wie das ♂ aus (*fa. inconstans*).

Man muß aus alledem wohl schließen, daß

Argynnis hyperbius frühzeitig nach Australien und vergleichsweise spät nach Abessinien gelangt ist, von wo aus in umgekehrter Richtung *Danaïs chrysippus* mit seinem ungewöhnlich expansionskräftigen Nachahmer *Hypolimnas misippus* nach Osten vordrang.

Die Ähnlichkeit der Cethosien mit Danaiden (besonders von *Cethosia cyane* ♂ mit *Danaïs chrysippus* und *plexippus*) braucht man nicht auf Mimikry zurückzuführen. Das Grundmotiv der Zeichnung ist beide Male die schon besprochene Verdunkelung der Vorderflügel Spitze mit Aufhellung in der Mitte¹⁾.

Ich glaube, daß ein unbefangener Beurteiler keinen der besprochenen Einwände als irgendwie ausschlaggebend erachten kann. Andere Einwürfe sind dermaßen gedankenlos, daß man darüber staunen muß, daß sie überhaupt vorgebracht werden mochten. So der Hinweis auf die Selbstverständlichkeit, daß die Täuschung nicht immer gelingt, oder daß es unter Vögeln Spezialisten gibt, die selbst Wespen nicht verschmähen, oder daß die meisten Schmetterlinge schon als Raupen, z. B. als Opfer von Schlupfwespen, zugrunde gehen. Oder gar die Sinnlosigkeit, daß die Nachahmer häufig sein müßten, wenn die Mimikrytheorie richtig wäre (Piepers)! Einige wollen nicht verstehen, wie es scheint.

(Schluß folgt.)

Fortschritte der Diphtheriebekämpfung.

Von Dr. E. Seligmann,

Abteilungsvorsteher am Medizinalamt der Stadt Berlin.

Die Diphtherie ist fast in allen Kulturländern endemisch. Scheinbar unbeirrt von äußeren Einflüssen zieht sie ihren Seuchengang. Mächtige, über Jahrzehnte sich erstreckende Wellenlinien kennzeichnen ihren Weg. Richtungslos heben sich die Wellenberge an den verschiedenen Orten, bis schließlich ein ganzes Land unter der Schwere der Epidemie ächzt, langsam bald, bald rascher sinkt die Woge ab, um ruhigeren Zeiten Platz zu machen. Ursachen, Herkunft, Wanderichtung der Epidemien sind unerforscht, das Registrieren periodischer Schwankungen gibt ja noch keine Erklärung. Tellurisch-klimatische Einflüsse, von der modernen Epidemiologie kaum

¹⁾ Gegen die übliche Auffassung von *Cethosia cyane* ♂ und *Argynnis hyperbius* ♀ als Mimetiker zu *Danaïs chrysippus* sprechen besonders zwei Umstände. Erstens sind die genannten Falter einander viel ähnlicher als ihrem angeblichen Modell. Vor allem aber würde man dann die, soviel ich weiß, einzige Ausnahme von der sonst allgemein gültigen Regel vor sich haben, wonach bei Schmetterlingen ein Männchen nicht alleiniger Nachahmer ist. Wir kommen hierauf noch zurück.

Daß *Danaïs chrysippus*, der in Afrika so viele Nachahmer hat, sie nach Osten hin verliert, spricht für die Heimat des Tieres in Afrika und für die angenommene Wanderung.

beachtet, spielen gewiß eine bedeutsame Rolle, die Methoden zur Bestimmung ihres Einflusses müssen erst noch gefunden werden. Soziale Momente, wie Armut, Wohndichte, niedrige Kulturstufen, sind anscheinend nicht von irgendwie beachtlicher Bedeutung. Viele Forscher finden überhaupt keinen Zusammenhang zwischen Morbidität und sozialen Faktoren; auch meine Erhebungen sprechen der Wohndichtigkeit beispielsweise keinen Einfluß auf die Verbreitung der Krankheit zu. Flüge und andere wollen doch gewisse epidemiologische Unterschiede zugunsten der wohlhabenden Bevölkerung sehen. Wenn solche Unterschiede überhaupt vorhanden sind, so sind sie jedenfalls — anders wie bei Tuberkulose, Fleckfieber, auch Typhus — so unbedeutend, daß sie uns Handhaben zu praktischen Bekämpfungsmaßnahmen kaum bieten. Gesunde Wohnungen, Luft, Licht und Reinlichkeit heben die Volksgesundheit und helfen uns so im Kampf gegen alle Seuchen, auch gegen die Diphtherie; sie sind selbstverständliche Postulate jeder Seuchenbekämpfung, mit ihnen allein aber können wir die Diphtherie nicht vertreiben, dazu sind stärkere, spezifische Mittel erforderlich.

Die Grundlagen einer systematischen Diphtheriebekämpfung sind seit langen Jahren gegeben. Als Löffler 1884 den Diphtheriebazillus züchtete, und als v. Behring 1892 die schützende und heilende Wirkung des Diphtherieserums entdeckte, waren die Waffen zum Kampfe geschmiedet. Es hat lange gedauert, ehe man sie gebrauchen lernte, und es wird noch lange dauern, ehe ein Einfluß auf die Morbidität der furchtbaren Kinderseuche deutlich werden wird. Wir stecken auch heute noch in den ersten Anfängen praktisch zielbewußten Vorgehens. Schuld daran ist zum nicht geringen Teil die ausgezeichnete therapeutische Wirkung des Behringschen Heilserums. Als mit dem Jahre 1895 das Serum seinen Siegeszug durch die Welt antrat, sank plötzlich und unaufhaltsam Mortalität und Letalität der Diphtherie. Beweisende Zahlenreihen sind so oft und so eindringlich dargestellt worden, daß ich mich auf Stichproben der Jahre 1894 (vor dem Serum) und 1895 (Serum) beschränken will:

An Diphtherie starben	in Deutschland	in Preußen	in Berlin
1894.....	63 701	46 26	1 431
1895.....	37 927	28 717	999
von 10 000 Lebenden			
1894.....	13,1	14,73	8,6
1895.....	7,6	9,00	5,9

Wie mit einer Zäsur schneidet das Serum zwischen 1894 und 1895 ein, drückt die Mortalität herab und hat sie seitdem dauernd weiter abgesenkt. In dem Epidemiejahre 1911 betrug beispielsweise die Zahl der Todesfälle pro 10 000 der lebenden Bevölkerung in Preußen 2,54, in Berlin

4,25. Es ist beachtenswert, daß trotz Ansteigens der Diphtherieerkrankungsziffern auf Epidemiegipfel im letzten Jahrzehnt diese niedrigen Werte erhalten blieben. Der Einwand, den Kritiker der Serumwirkung früher machten: das Leichterwerden der Epidemie sei der Grund der verringerten Mortalität, ist nach den Erfahrungen der letzten Jahre nicht mehr stichhaltig. Die Kritik an der Heilwirkung des Serums, fast immer mit den Waffen ernster Forschung geführt, hat sich schon früh geregt; sie hat sich der „Wucht der Zahlen“ gegenüber, der auch *Virchow* sich beugte, nicht durchsetzen können, hat auch den klinischen Erfahrungen der Mehrzahl aller Ärzte gegenüber nicht Recht behalten; gleichwohl ist sie nicht verstummt. Auch in jüngster Zeit regt sich der Widerspruch: dem kritischen Statistiker *Gottstein* ist der Kliniker *Reiche* gefolgt, der zum mindesten vor einer Überschätzung des Serums warnt, ohne es doch entbehren zu wollen. Im vorigen Jahre hat *Bingel* aufsehenerregende Beobachtungen mitgeteilt, die an die Spezifität des Serums rühren und mit gewöhnlichem Pferdeserum nicht schlechtere Resultate erzielt haben wollen, als mit dem spezifischen Heilserum. Alle diese ernst zu nehmenden Untersuchungen regen zu Nachprüfungen klinischer und statistischer Art an; wie auch ihr Ausfall sein möge, so führen sie zu einer Vertiefung unseres Wissens und damit zum Fortschritt der Erkenntnis. Daß sie dem Arzt den Glauben an das Serum erschüttern werden, fürchte ich nicht, wohl aber werden sie ihm die Grenzen seiner Kraft zeigen und Wege der Verbesserung weisen. Vielleicht wird dabei mancher theoretisch aussichtsvolle Weg sich als falsch erweisen; ich denke besonders an die von manchen Seiten immer weiter gesteigerte Antitoxinosis.

Inzwischen aber ist das Serum ärztliches Allgemeingut geworden, seine so oft lebensrettende Wirkung war es, die den Arzt als Krankheitsheiler begeisterte und ihn von seiner krankheitsverhütenden Aufgabe ablenkte. Dabei ist ein nicht unwichtiges krankheitsverhütendes Mittel im Serum selbst ihm gleichfalls gegeben. Gerade *Behring* sah anfangs die Hauptaufgabe seines Serums in seiner schützenden Kraft; unter dem überwältigenden Eindruck der Heilkraft trat jene Eigenschaft in den Hintergrund; allmählich hat sie sich jedoch mehr und mehr geltend gemacht; die Anwendung des Serums als Schutzmittel gegen Erkrankung hat vielfach Anwendung gefunden, ihre generelle Anwendung wird von vielen Ärzten (*Braun*) gefordert, in Berlin wird sie in großem Maße propagiert. Zur Ausrottung der Diphtherie als Volksseuche aber genügt das Serum allein nicht, dieser Traum *Behrings* ist unerfüllt geblieben. Es liegt an den epidemiologischen Besonderheiten der Diphtherieausbreitung, daß selbst Höchstleistungen der Serumschutzwirkung nur Teilerfolge erzielen können. Vor einigen Jahren habe ich aus der Verteilung der gemeldeten Krank-

heitsfälle auf Einzelhaushalte berechnet, wieviel Neuerkrankungen günstigsten Falles durch das Serum verhütet werden könnten. Die Zahlen, die nichterreichbare Höchstleistungen darstellten, schwankten zwischen 8,4 und 13,9 %. Gewiß nicht unbedeutende Werte, aber doch nicht groß genug, um von ihnen eine entscheidende Beeinflussung der Morbidität zu erwarten.

Nun ist der Schutz, den das Serum verleiht, ein zeitlich begrenzter und außerdem kein absoluter. Das veranlaßte *Behring*, nach einem neuen Mittel zu suchen, das besser und länger wirksam wäre. Mit dem „T.A.“, einer Mischung von Toxin und Antitoxin in bestimmten Verhältnissen, versuchte er eine aktive Immunisierung zu erzielen, da erfahrungsgemäß aktiv erzeugte Antikörper länger im Organismus persistieren und bei Infektionen später schneller wieder in Aktion treten. Die in großem Umfange eingeleiteten Nachuntersuchungen sind durch den Krieg in den Hintergrund gerückt worden, die bisher vorliegenden Erfahrungen haben aber nicht dazu geführt, dem Mittel eine praktische Bedeutung zu verleihen. Ein Analogon zur Jennerschen Kuhpockenimpfung, wie *Behring* erhoffte, wird es wohl nicht werden.

Neues und altes Behringsches Serum sind wohl von Einfluß auf die Erkrankung an Diphtherie, ihre Wirkung erstreckt sich zwar auf die Sekretionsprodukte der Diphtheriebazillen, aber nicht auf die Bazillen selbst. Sie können daher unter Umständen wohl vor der Erkrankung schützen, aber nicht vor der Ansteckung. Gerade die Ansteckung aber gilt es zu verhüten; denn durch sie wandert die Krankheit von Mensch zu Mensch, von Stadt zu Stadt, von Land zu Land. Wo sitzen nun die Quellen der Ansteckung, wie gehen ihre Wege?

Ansteckungsquelle ist bei der Diphtherie wie bei allen infektiösen Krankheiten der kranke Mensch. Von ihm nimmt der Krankheitskeim seinen Ausgang; von ihm wandert er auf die nähere Umgebung. Die Ansteckungsbereitschaft ist eine allgemeine, die Krankheitsbereitschaft dagegen eine relativ geringe. So kommt es, daß viele angesteckt, aber nur verhältnismäßig wenige krank werden. Die Gesundgebliebenen beherbergen den Krankheitskeim, verstreuen ihn weiter und können an allen Ecken und Enden neue Erkrankungen setzen, mitunter erst auf dem Umweg über eine ganze Kette von gesundbleibenden Bazillenträgern. Je weniger man in dem einzelnen Gesunden einen Infektionsherd vermutet, um so hemmungsloser gibt er sich, um so gefährlicher wird er für die Allgemeinheit.

Ähnlich geht es dem Diphtheriegenesenden. Das Ende der Krankheit bedeutet noch nicht das Ende der Ansteckungsfähigkeit, klinische und bakteriologische Genesung gehen durchaus nicht immer parallel; nicht selten überdauert der Diphtheriebazillus den Krankheitsprozeß geraume Zeit.

Diese Tatsachen, die schon früh erkannt wurden, bieten die Handhabe zu einer ätiologischen Bekämpfung der Diphtherie. *Löffler* selbst, *C. Fränkel* u. a. haben schon in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts die Konsequenzen gezogen und mustergültige Richtlinien für den aufzunehmenden Kampf aufgestellt; vereinzelt ist man ihren Vorschlägen gefolgt, aber die große Bedeutung der Serumtherapie hat die Aufmerksamkeit gar zu sehr von dieser Art der Bekämpfung abgelenkt, die natürlich nicht mit so schnellen und blendenden Erfolgen prunken kann. Der Neuanstieg der Diphtherie seit Beginn des 20. Jahrhunderts hat endlich auch in Deutschland zu praktischen Maßnahmen auf diesem Gebiete geführt; in anderen Ländern, vor allem in Amerika, war man schon vorher ein gutes Stück auf diesem Wege vorangegangen.

Das Ziel ist, alle Infektionsquellen aufzuspiüren und sie unschädlich zu machen. Dem ersten Ziele nähern wir uns, von dem zweiten sind wir noch weit entfernt. Gleichwohl ist jeder Fortschritt auf dem ersten Wege ein Hilfsmittel für den zweiten. Hilft doch schon das Erkennen einer Gefahr, sie nach Möglichkeit zu verhüten. Die Einrichtung staatlicher und städtischer Untersuchungsämter, die unentgeltlich Diphtherieuntersuchungen für Ärzte ausführen, bildete die Grundlage für jedes weitere Vorgehen. Nun galt es, die Ärzte zu gewinnen; denn nur durch ihre Mitarbeit konnte der Kampf gegen die Kinderseuche erfolgreich aufgenommen werden. Zur Sicherung der Diagnose beim frischen Krankheitsfall war ihnen die bakteriologische Untersuchung wohl willkommen; auch in den leichten Fällen scheinbar harmloser Halsentzündungen machten sie von der neuen Einrichtung mehr und mehr Gebrauch; für die weitergehenden prophylaktischen und kontrollierenden Untersuchungen aber waren sie erheblich schwerer zu gewinnen. Gründe, die in der persönlichen und wirtschaftlichen Lage der Ärzteschaft, zum Teil aber auch in scheinbar wissenschaftlichen Überlegungen steckten, ließen die Ärzte den neuen Maßnahmen nur zögernd näher treten. So spukte, durch *Behrings* Autorität lange Zeit gedeckt, der Gedanke von der „Ubiquität“ der Diphtheriebazillen in den Köpfen und ließ alle Vorschläge zur Aussonderung der Infektionsträger absurd erscheinen. Ja selbst, wenn *Schellers* Befunde, daß in Diphtheriefamilien 38—100 % der Umgebung Bazillenträger würden, Allgemeingültigkeit beanspruchen dürften, wäre diese Methode der Bekämpfung eine Sisyphearbeit geworden. Glücklicherweise ist dem nicht so: *Tjadens* Beobachtungen in Bremen kommen der allgemeinen Wahrheit wohl näher. Er fand unter

100	gesunden Geschwistern	10 %	Bazillenträger
97	„ Müttern	14,5 %	„
78	„ Vätern	7,7 %	„
251	„ Hausgenossen		
	anderer Art	2,8 %	„

Ich selbst habe 992 Hausgenossen von Diphtherieerkrankten neuerdings bis zur mindestens zweimaligen Bazillenfreiheit untersucht und unter ihnen 100 Bazillenträger = 10,1 % gefunden. In Zeiten stärkerer epidemischer Verbreitung wird diese Zahl noch höher sein — fanden wir doch zu solchen Zeiten ganz allgemein unter den ärmeren Kindern der großstädtischen Bevölkerung rund 7 % Bazillenträger; in engen Gemeinschaften (Schule, Hort) steigt die Zahl der Infizierten wohl auch einmal extrem hoch an, aber die Regel ist das nicht. Ein Wert von 10—20 % entspricht im infizierten Milieu etwa dem Durchschnitt und stellt somit keine unüberwindliche Schwierigkeit dar. In sicher diphtheriefreier Umgebung aber gibt es überhaupt keine Diphtheriebazillenträger.

Auch die Nachuntersuchung der Genesenden stellt keine übertriebenen Anforderungen an den Arzt. Viele Kranke verlieren die gefährlichen Keime schon in den ersten Krankheitswochen, fast alle sind nach 5—6 Wochen bazillenfrei; nur seltene Ausnahmen beherbergen die Bazillen länger, die oft zitierten Fälle von monate-, ja jahrelangem Bazillentragen sind in Wirklichkeit Raritäten. Die Forderung, Erkrankte nur nach bakteriologischer Genesung wieder in die Gesellschaft aufzunehmen, läßt sich daher fast immer erfüllen. In einer Großstadt wie Berlin, die in den letzten Jahren mehr als 6000 Diphtherieerkrankungen pro Jahr aufwies, ist ihre Durchführung nur eine Frage zweckmäßiger Organisation. Der Arzt, der oft nur ein einziges Mal den Kranken sieht, wird diese Kontrolle gewöhnlich nicht übernehmen wollen und können; der Schularzt, der 5—6000 Kinder zu betreuen hat, kommt namentlich in Epidemiezeiten damit nicht zu Rande, wenn er in jedem Falle Umgebungs- und Nachuntersuchungen selbst vornehmen will. Ihm muß also Hilfe geschaffen werden. So hat man in Berlin in den städtischen Krankenhäusern Entnahmestellen eingerichtet, in denen den vom Arzt geschickten Kindern Material zur Untersuchung entnommen wird, und zwar so oft, bis bakteriologische Genesung erzielt ist. Zu einer wirklich durchgreifenden Kontrolle genügt aber auch das nicht; dazu bedurfte es eines Bindegliedes zwischen Arzt und Behörde auf der einen, dem Publikum auf der anderen Seite. Direkt in die Familie hinein mußte die Kontrolle getragen werden; in enger persönlicher Fühlungnahme mit dem Kranken und seiner Umgebung mußten die erforderlichen Maßnahmen eingeleitet, ihre Bedeutung erläutert und ihre Durchführung überwacht werden. Nur so kann praktische Seuchenbekämpfung getrieben, nur so der Weg zum Erfolg beschritten werden.

Diesem Zweck dienen die seit Ende 1915 in Berlin tätigen Fürsorgeschwestern des städtischen Medizinalamts. Dank ihrer Mithilfe arbeitet die von der Kommune eingeleitete systematische Diphtheriebekämpfung einigermaßen lückenlos. Grundlage und Prüfstein der Organisation bildete die Arbeit an der schulpflichtigen Jugend.

Die von der Schulbehörde für die Gemeindeschulen erlassenen Bestimmungen — neuerdings auch von den höheren Schulen übernommen — galt es zu praktischer Durchführung zu bringen. Die wichtigsten Bestimmungen lauten: Diphtheriegenesende und Angehörige von Diphtherieerkrankten dürfen erst dann zum Unterricht wieder zugelassen werden, wenn mehrmalige bakteriologische Untersuchung des Erkrankten und seiner Angehörigen das Fehlen von Diphtheriebazillen erwiesen hat. Kommt es in einer Klasse zur Häufung von Diphtherieerkrankungen, so hat eine bakteriologische Durchuntersuchung der ganzen Klasse stattzufinden. Aufgespürte Bazillenträger sind bis zur Keimfreiheit vom Unterricht fernzuhalten. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man auf diese Weise Schulepidemien ersticken kann, ohne von dem lästigen und meist unwirksamen Mittel des Klassenschlusses Gebrauch machen zu müssen. Daß die Desinfektion kein Allheilmittel ist, hat man auch längst erkannt.

Die Erfolge mit diesen Maßnahmen waren so unzweifelhaft in den Berliner Schulen, daß das ihnen zugrunde liegende Prinzip für die allgemeine Diphtheriebekämpfung in der Stadt nutzbar gemacht und auf vor- und nachschulpflichtiges Alter ausgedehnt wurde. War die Mitarbeit der Fürsorgeschwester in den Schulen erwünscht, so war ihre Hilfe draußen in der Stadt vollkommen unentbehrlich. In den drei Jahren ihrer bisherigen Tätigkeit haben sie sich so bewährt, daß an eine Diphtheriebekämpfung in Berlin ohne sie gar nicht mehr gedacht werden kann. Fast jeden gemeldeten Fall betreuen sie, sie sorgen für Absonderung, für laufende Desinfektion, für ärztliche Beratung, für Krankenhausaufnahme, für Schutz der Umgebung und der Allgemeinheit durch Schutzimpfung, durch Fernhalten Gefährlicher von allen öffentlichen Plätzen, wie Schule, Hort, Geschäft, Betrieb, für Zuziehung des beamteten Arztes in besonderen Fällen, für bakteriologische Kontrolle des Kranken und seiner Umgebung; sie führen die Beaufsichtigung der Genesenden weiter, die etwa noch als ansteckungsfähig aus den Krankenhäusern entlassen werden; sie helfen bei der Sanierung verseuchter Betriebe und Schulen, sie fahnden nach Ansteckungsquellen und bringen auf diese Weise so manchen Krankheitsfall ans Licht, der im Verborgenen sonst zugrunde gegangen wäre, nachdem er Ansteckungen ringsum gesetzt hat. Durch den Zusammenhang mit anderen städtischen und privaten Institutionen haben sie auch die Möglichkeit, ungünstige gesundheitliche und soziale Verhältnisse allgemeiner Art in mancher Hinsicht zu bessern, kurz ihrer Initiative, ihrem Spürsinn und ihrem Verständnis bieten sich lohnende Aufgaben in Hülle und Fülle. Das reiche Material, das durch ihre Hände geht, wird in einer Zentrale, dem Medizinalamt, gesammelt und für die Entscheidung wissenschaftlicher und praktischer Fragen nutzbar gemacht.

Alljährlich wird über den Fortgang der Diphtheriebekämpfung in wissenschaftlichen Zeitschriften berichtet¹⁾ und zahlenmäßiges Material vorgelegt. Ich will ein paar Zahlen aus dem Bericht über das Jahr 1918 mitteilen:

1. Gesamtzahl der Besuche	20 468
2. Davon Kontrollbesuche	13 133
3. Ermittlung neuer nicht gemeldeter Fälle	207
4. Zahl der neuen Diphtheriefälle	6 183
5. Mitwirkung bei Massenuntersuchungen	19
6. Zahl der Familien ohne ärztliche Behandlung	79
7. Arzt besorgt	38
8. Ins Krankenhaus überführt	35
9. Schutzimpfung der Umgebung veranlaßt	757
10. Der Lungenfürsorge überwiesen	126
11. Wohlfahrtsmaßnahmen eingeleitet	227
12. Aus besonderem Anlaß der Sanitätskommission gemeldet	23
13. Fälle, in denen ein weiteres Eingreifen nicht erforderlich war	958
14. Wie oft kein Serum trotz ärztlicher Behandlung?	218
15. Wie oft war die gesunde Umgebung Schutzgeimpft?	1886
16. Wie oft nicht?	1312
17. Wie oft sind Hausgenossen erkrankt?	267
I. Schutzgeimpfte?	64
II. Nicht geimpfte?	203
18. Wie oft ist Ansteckung durch aus dem Krankenhaus Entlassene anzunehmen?	48
a) durch „bazillenfrei“ Entlassene	36
b) durch andere	12

Außerdem wurden erörtert: die Fragen des Serumschutzes, des Zusammenhangs von Wohndichte und Krankheitsverbreitung, der verschleppten und vermeidbaren Todesfälle, des Desinfektionswesens u. a. m.

Ist diesen Bestrebungen nun schon ein sichtbarer Erfolg beschieden gewesen, der sich vor allem in Morbidität und Mortalität der Diphtherie Berlins geltend macht? — Diese Frage ist mit äußerster Vorsicht zu beantworten, so gern man auch günstig lautende Erfahrungen und Zahlen verwerten würde. Aber gerade die Zahlen bergen gar zu leicht Fehler und Irrtümer. Die epidemiologischen Schwankungen des Diphtherie-seuchenganges sind groß. Schwere und Ausdehnung der Krankheit wechseln auch ohne sichtbare Einflüsse. Politische, soziale und hygienische Umwälzungen, die in den Berichtsjahren vor sich gingen, können in unberechenbarer Weise auch die Epidemiologie der Seuchen beeinflussen. Dazu kommt eine Verschiebung des Zahlenmaterials gerade durch die Schwesterntätigkeit selbst. Unter ihrem Einfluß hat die Menge der gemeldeten Erkrankungen zugenommen, namentlich die der leichten Krankheitsformen. Berechnungen, die sich auf die Zahl der gemeldeten Erkrankungen stützen, sind daher nicht unbedingt beweisend. Im übrigen ist die Zeit noch viel zu kurz, als daß sie große Verschiebungen bedingen und ein gesichertes Urteil gestatten könnte.

¹⁾ S. B. Kl. W. 1917, 1918, 1919.

Trotzdem sind eine Reihe von Beobachtungen gemacht worden, die auf die Plusseite unseres Kontos gesetzt werden dürfen. Die Zukunft wird lehren, ob es sich hierbei um Zufälligkeiten handelte, die wieder verschwinden, oder ob ein regelmäßiges Fortschreiten auf dem begonnenen Wege sich ergeben wird. Erst dann läßt sich entscheiden, was planmäßigem Kampf, was unbekannten Mächten zu verdanken ist.

So hat die Zahl der Massenuntersuchungen von Jahr zu Jahr abgenommen; 1916 waren es noch 72, 1917: 46, 1918 nur mehr 19. Solche Massenuntersuchungen werden vorgenommen, wenn in geschlossenem Kreise eine Häufung von Erkrankungen aufgetreten ist, also bei Schulepidemien, Krippenverseuchungen u. ä. Es scheint, als ob es zu diesem Aufflackern von Einzelepidemien jetzt seltener kommt, vielleicht weil die Vorsichtsmaßregeln, die den einzelnen Diphtheriefallen neuerdings umgeben, einen besseren Schutz für die Allgemeinheit bilden. Auch die Ermittlung neuer bisher nicht gemeldeter Fälle spielt hierbei eine Rolle; die Erfahrung hat gelehrt, daß so manche Klassenepidemie durch einen unerkannt gebliebenen Diphtheriekranken ausgelöst worden ist. 1916 wurden 115 bisher unbekannte Fälle neu entdeckt, 1917: 181, 1918 waren es 207. Auch die von Krankenhausentlassenen ausgehenden Ansteckungen sind herabgedrückt worden; die entsprechenden Zahlen lauten 157 (1916), 112 (1917) und 48 (1918).

Besonders beachtenswert ist der Rückgang der Letalität, der Sterblichkeit der Erkrankten, gemessen am Verhältnis der gemeldeten Todesfälle zu den gemeldeten Erkrankungen. Von 9,4 % im Jahre 1915 ist die Letalität über 8,1 % (1916), 7,9 % (1917) auf 6,7 % (1918) abgesunken und hat damit einen recht niedrigen Wert erreicht. Drei Gründe können hierfür mitspielen: einmal die durch die Schwesterntätigkeit erhöhte Anzahl der Krankheitsmeldungen, die automatisch eine

Verminderung der Letalität bedingt, zweitens ein Leichterwerden der Epidemie an sich und schließlich die Besserung der Heilungsbedingungen durch unseren Bekämpfungsmodus. Welcher von diesen Gründen der bedeutungsvollste ist, läßt sich nicht ohne weiteres entscheiden, die Tatsache der dauernd verringerten Letalität ist an sich erfreulich und Grund genug, auf dem eingeschlagenen Wege zu beharren.

Der Kampf ist aber noch erweiterungsfähig, es gilt vor allem ein Mittel zu finden, die Bazillenträger schnellstens von ihren Keimen zu befreien. Von den zahllosen Präparaten, die vorgeschlagen wurden, von *Löfflers* Mischungen über *Pyozyanase* und *Providoform* bis zu *Morgenroths* Eukupin hat sich keines als zuverlässig erwiesen; bei allen ist die Zahl der Versager groß, am brauchbarsten hat sich mir noch immer das Jod in seinen verschiedenen Verwertungsformen gezeigt, doch sind auch bei seiner Anwendung die Fehlschläge nicht gering. Spezifische Bakterien- und Serummedikation hat gleichfalls versagt. Hier ist also noch freies Feld für die Forschung; der Kampf würde unendlich erleichtert werden, wenn man den gefundenen Keimträger schnell ungefährlich machen könnte. Die erzwungene Absonderung ist ja nur ein Notbehelf, oft unzureichend und immer brutal.

Ein anderes Postulat, dessen Erfüllung manches Menschenleben retten könnte, ist die Verbilligung des antitoxischen Serums. Der Preis für eine ausreichende Dosis ist noch immer so hoch, daß manche Injektion aus diesem Grunde unterbleiben muß. Hier ist einmal ein dankbares Objekt der Vergesellschaftung! Staat oder Gemeinde müßten die Herstellung des Serums und seinen am besten unentgeltlichen Vertrieb übernehmen. Die Erhaltung blühender Menschenleben würde die aufgewandten Kosten schnell bezahlt machen.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen).

Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft; Band 36, Heft 8, 1919.

(Ausgegeben am 30. Januar 1919.)

Bemerkungen zu der Abhandlung von Hugo de Vries: Kreuzungen von Oenothera Lamarckiana mut. velutina; von G. Renner. Die Erfahrungen von de Vries über eine neue, anscheinend homozygotische Mutante werden vom Gesichtspunkt der Theorie der Komplexheterozygotie aus erörtert.

Über Vergiftungen durch Pilze der Gattungen Inocybe und Tricholoma; von G. Dittrich. In Fortsetzung seiner früheren Veröffentlichungen über die Pilzvergiftungen der letzten Jahre stellt Verfasser zunächst fest, weshalb es sich bei dem 1916 in Aschersleben durch *Inocybe frumentacea* hervorgerufenen Todesfall nicht um *Inocybe sambucina* — wie von anderer Seite angegeben wird — handeln konnte. Er schildert sodann zwei weitere Pilzvergiftungen, deren erste gleichfalls durch eine *Inocybe*, die zweite durch *Tricholoma tigrinum* hervorgerufen wurde, von dem zwei kleine Exemplare drei Erwachsenen starke Magendarmbeschwerden verursachten.

Leuchtgaswirkung auf Pflanzen: 5. Wirkung auf Holzpflanzen; Blausäure als schädlichster Gasbestandteil; von C. Wehmer. Fortsetzung der Versuche ergab, daß Gas auch im Winter vernichtend auf Baumwurzeln wirkt, die Wirkung erscheint aber erst im folgenden Frühjahr, die Pflanzen treiben nicht aus, sondern verdorren allmählich. Weiterhin ergab sich jetzt, daß schädlichster Bestandteil des Gases die *Blausäure* ist, von Gas passiertes Wasser ist eine verdünnte Blausäurelösung; eine künstlich bereitete Cyanwasserstofflösung gleicher Konzentration wirkte genau wie gashaltiges Wasser. Blausäure übertreibt an Schädlichkeit alle anderen bislang untersuchten Gasbestandteile um ein Mehrfaches (Benzol, Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff). Gasvergiftungen von Pflanzen sind also im wesentlichen Wurzelvergiftungen durch jene Substanz, absorbiert durch den feuchten Erdboden.

Über Discomyceten vortäuschende Microthyriaceen; von Franz v. Höhnelt. *Micropeziza scirpicola* Fuck., *Discomycella tjibodensis* v. H., *Balanidium aurantiacum* Rehm und *Micropeziza Punctum* R. sind Microthyriaceen mit scheibenförmig vorbrechender Fruchtschicht.

Sie gehören in die Gattungen *Discomycella* v. H. und *Niesslella* v. H.

Über den Zusammenhang von *Meliola* mit den *Microthyriaceen*; von Franz v. Höhnelt. *Dimerosporium litseae* P. Henn. ist keine *Polystomellea* (*Armatella* Th. A. Syd.), sondern eine unreife *Meliolellea*, eine Mittelform zwischen *Meliola* und den *Microthyriaceen*.

Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze; Nr. 12. Über Riesenkieselskörper im Blatte von *Arundo donax*; von H. Molisch. (Mit 1 Tafel.) In der Oberhaut des Blattes finden sich Kieselskörper von auffallenden Dimensionen. Sie sind bis 108 μ lang und bis 100 μ breit, gehören also zu den größten Kieselskörpern, die in lebenden Pflanzen beobachtet worden sind. — Nr. 13. Über das Verhalten der Zystolithen gegen Silber- und andere Metallsalze. Alle untersuchten Zystolithen haben die Fähigkeit, gewisse Metallsalze so stark zu reduzieren, daß sie sich nach kurzer Zeit, unabhängig vom Lichte, schwarz färben. Die Ursache ist der kohlen saure Kalk. Die Zystolithen verhalten sich auch anderen Metallsalzen gegenüber sehr auffallend. So färben sie sich in Goldchlorid rot bis blauviolett, in Eisenvitriol rostrot, in Nickelsulfat blaßgrün und in Kobaltchlorid und Kobaltsulfat lila oder rosarot.

Die Kultur der *Desmidiaceen*; von Ernst G. Pringsheim. Es wird gezeigt, daß *Desmidiaceen* und *Mesotriaceen* sich in der Kultur vermehren, wenn auf Reinheit des Wassers, schwache Alkalinität und starke Verdünnung der Nährlösung geachtet wird. Organische Stoffe sind wie bei allen chlorophyllführenden Mikroorganismen nicht nötig. Kopulation war unter den *Desmidiaceen* nur bei einem *Closterium* zu beobachten, dessen Zygoten aber nicht zum Keimen zu bringen waren. Dagegen bildet *Cylindrocystis Brébissonii* bei Nährstoffmangel leicht Zygoten, die in frischer Nährlösung auskeimen. Die Kultursergebnisse sprechen gegen eine ausgeprägte Kalkfeindlichkeit.

Über das Auftreten von Palisadenparenchym an der Unterseite bifacialer Blätter; von Alexander Lingelsheim. *Raciborski* und *Lilienfeld* beschrieben die beiden einzigen Fälle (*Nicotiana Tabacum*, *Corylus Avelana* f. *laciniata*) der Dislokation des Palisadengewebes in Form von Wucherungen; Verfasser stellt weitere häufig vorkommende, bei geschlitztblättrigen Formen aus der Reihe der *Fagales* fest (*Alnus*, *Betula*, *Fagus*, *Quercus*). Bei der *laciniata* *Corylus*form ist die Erscheinung allgemein verbreitet. Den entsprechenden Formen anderer Verwandtschaftskreise fehlt die Anomalie, deren innere Ursache unbekannt ist. Anhangsweise folgt die Schilderung der vom Verfasser als „Kurzadeln“ bezeichneten, ebenfalls anormal gebauten Nadeln der Oberseite jüngster Zweige von *Tsuga canadensis* und *T. Mertensiana*, welche infolge umgekehrter Orientierung, Unterseite nach oben, isolateralen Bau annehmen.

Über phototropische Krümmungen an längsseitig zum Teil verdunkelten *Avena-Koleoptilen*; von Wilhelm Nienburg. Etiolierte Keimlinge von *Avena*, deren eine Längshälfte verdunkelt war, während die andere beleuchtet blieb, krümmten sich nicht in der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen, sondern nach der beleuchteten Längshälfte hin. Damit war nachgewiesen, daß ähnliche alte Versuche von Darwin, deren Beweiskraft in der Literatur meistens bezweifelt ist, einwandfrei sind. Dementsprechend beantwortet der Verfasser die Frage: Ist die Lichtrichtung oder der Lichtabfall das Wesentliche bei der phototropischen Reizung? im letzten, d. h. im Darwinschen Sinne.

Über zwei *Euphorbiaceengattungen*; von Ign. Urban. (Mit 1 Tafel.) Im ersten Abschnitt wird eine neue Gattung aus Cuba, *Cubincola* Urb., beschrieben, die durch einen sehr einfachen Bau der Blüten (Dreizähligkeit in allen Kreisen) und besonders durch ihren Hermaphroditismus ausgezeichnet ist; dieser war bisher bei den *Euphorbiaceen* noch nicht bekannt. Im zweiten Artikel bespricht Verfasser die Arten der Gat-

tung *Leucocroton* (ebenfalls aus Cuba) und stellt die Angaben von Pau im Pflanzenreich richtig.

Die Beziehung zwischen Eiweiß- und Säurebildung in Laubblättern; von Arth. Meyer. Es wird an der Hand der Resultate der Arbeiten anderer Autoren zu zeigen versucht, daß zwischen der früher („Flora“ 1918) besprochenen Eiweißbildung, die so reichlich in den Chloroplasten der Laubblätter stattfindet, der Säurebildung und der Sauerstoffausscheidung, die in manchen Fällen während des Säureverbrauches eintritt, folgende Beziehung besteht: Zur Eiweißbildung wird aus den salpetersauren, schwefelsauren und phosphorsauren Salzen der N, S, P verbraucht. Die freiwerdenden Basen, vorzüglich Ca- und K-Base, üben einen Reiz auf die Zellen aus, der diese veranlaßt, organische Säuren zu ihrer Bindung zu bilden. Ist die Säure Oxalsäure, die Base Ca-Base, so entsteht Calciumoxalat. Manche Blätter geben den bei der Eiweißbildung aus Kohlehydraten und Salzen disponibel werdenden Sauerstoff teilweise in freier Form ab.

Über den Einfluß der Erwärmung auf die Wasseraufnahme untergetauchter Sprosse; von A. Ursprung. Abgeschnittene Sprosse von *Thuja* und *Fagus* wurden zur Verhinderung der Transpiration unter Flüssigkeit getaucht und die Wasseraufnahme mit Potetometer gemessen. Bei der Erwärmung zeigen sich mit steigender Temperatur folgende 3 Erscheinungen: 1. Zuerst ist der Einfluß gering oder es geht die Absorption in Ausscheidung über. Dies erfolgt auch an toten Zweigen und beruht auf der Ausdehnung der Gasblasen. 2. Dann folgt ein auffälliges, starkes Ansteigen der Wasseraufnahme, das nur in lebenden Sprossen vorkommt. Diese Absorption beruht auf der Saugkraft der lebenden Zellen. Das starke Ansteigen ist prä mortal und wahrscheinlich durch eine starke prä mortale Steigerung der Permeabilität bedingt. 3. Zuletzt läßt die Absorption wieder nach und geht endlich in Ausscheidung über. Die Ursache liegt in der Abnahme der Semipermeabilität, die mit dem Tode völlig verloren geht; die sich kontrahierenden Zellen pressen dann so lange Saft aus, bis die Wände entspannt sind.

Wie verhalten sich Holz- und Rindenflechten beim Übergang auf Kalk? von E. Bachmann. (Mit 12 Abbild. im Text.) Der Thallus von *Catillaria micrococca* (Kbr.) und *Bacidia Arnoldiana* (Kbr.) wird zuerst beschrieben nach Mikrotomschnitten von holz- und rindenbewohnenden, sodann nach Dünnschliffen und Mikrotomschnitten von kalkbewohnenden Exemplaren. Auf dem Kalk bildet das Lager ein als „Fußplatte“ bezeichnetes, dicht-filzartiges Gewebe, das von der darüber befindlichen Gonidienzone durch ein sehr poröses, lockeres Hyphengeflecht getrennt ist. Mittels der Fußplatte haftet das Lager dem Substrat lose an, sendet aber nie rhizoide Hyphen (wie die epilithische Flechte *Caloplaca pyracea* (Ach. Kbr.) in den Kalk hinein. Jene Flechten werden darum von diesen und den endolithischen (*Verrucaria calciseda* DC.) als exolithische unterschieden. Die epi- und endolithischen Flechten sondern eine Säure ab, die mit dem Kalk ein lösliches Salz bildet; die exolithischen Flechten besitzen diese Fähigkeit nicht. Nimmt man an, daß der beim Atmungsprozeß freiwerdenden Kohlensäure die Aufgabe zufällt, den Kalk aufzulösen, so wären endo- und epilithische Flechten vor den exolithischen durch einen lebhafteren und zeitweise beschleunigten Atmungsprozeß ausgezeichnet.

Meteorologische Zeitschrift; Heft 12, 1917.

Die Bildung von Sturminseln; von A. Schmauß. Daß sich bei schwacher Luftbewegung örtliche Verschiedenheiten in der Windrichtung und Windgeschwindigkeit ergeben können, ist eine alte Erfahrung. Gelegentlich kommen aber auch in tiefen Sturmfeldern, in denen man völlig homogene Luftströmungen erwarten sollte, Unstetigkeiten vor, die, wie in der Abhandlung gezeigt wird, unter Umständen zur Ausbildung direkter Sturminseln führen können. Sie ent-

stehen durch die Überlagerung einer Bö über den gegen sie anströmenden Sturm, etwa in der Weise, wie man vom Ufer eines Flusses aus einen Mann im Raume stillstehen sieht, der auf einem Schiff gegen die Fahrtrichtung desselben mit der gleichen Geschwindigkeit sich bewegt.

Anleitung zur Beobachtung der Dämmerungsfarben; von P. Gruner. Der Verfasser gibt auf Grund seiner langjährigen Dämmerungsbeobachtungen und eingehenden Studiums aller wichtigen, bisher veröffentlichten fremden Beobachtungen eine kurz gefaßte, aber möglichst vollständige Darstellung des ganzen Verlaufes einer Dämmerung, unter scharfer Abgrenzung der einzelnen Phasen und Aufstellung genauer einheitlicher Bezeichnungen für dieselben. So ergibt sich eine den neueren Ansprüchen gerecht werdende wesentliche Erweiterung der alten Begoldschen Darstellung der Dämmerungserscheinungen, die ganz von selbst dem Beobachter die gewünschten Anleitungen gibt.

Heft 1/2, 1918.

Über die Methoden zur Untersuchung der Struktur des Windes; von R. Seeliger und E. Bräuer. Bei der Untersuchung der Struktur des Windes, die auch rein physikalisch als turbulente Strömungsform eines Gases allgemein hydrodynamisches Interesse bietet, handelt es sich im wesentlichen darum, die raschen seitlichen Änderungen der Windgeschwindigkeit in ihrem Verlauf zu studieren. Die verschiedenen Methoden werden eingehend diskutiert und die Grundlagen einer allgemeinen Theorie der diesbezüglichen Meßtechnik entwickelt, woraus sich Richtlinien für die rationelle Konstruktion von sog. Böenmessern und Böenschreibern ergeben.

Heft 3/4, 1918.

Wintertypen auf Grund von Pentadenmitteln der Temperatur; von Friedrich Klengel. Die vielfach übertriebenen Darstellungen von der Kälte des Winters 1916/17 veranlaßten den Verfasser, aus dem Zeitraum 1876—1917 für Plauen i. Vogtl. die kältesten und wärmsten Winter herauszusuchen und ihre Eigenart an dem Verlaufe der Pentadenkurven (November bis März) nachzuweisen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß weder das jahreszeitliche Mittel noch die Mittelwerte der einzelnen Monate für die Beurteilung der Strenge oder Milde eines Winters ausreichend seien, daß man vielmehr seine physiologischen Wirkungen erst aus dem Verlauf der Temperatur von Pentade zu Pentade erkennen könne. Winter mit einer einzigen zusammenhängenden großen Kälteperiode, wie der Kriegswinter 1916/17, werden stets als besonders hart empfunden werden; weit mehr als solche, die durch mehrere, schwächere Kälteperioden gekennzeichnet sind.

Elektrische Lichterscheinungen an Bäumen; von Ernst Layer. Bei dem Aufziehen eines Gewitters wurden an den Baumstämmen der Rheinallee in Godesberg hin- und hertanzende Feuerkugeln bemerkt. Die Leuchtkugeln, welche sich auf etwa 20 cm Länge ausdehnten, waren etwa 1 cm vom Stamm entfernt, hatten 1 cm Durchmesser und waren nur bei seitlicher Blickrichtung sichtbar.

Elektrische Lichterscheinungen an Bäumen; von R. Süring. Bezüglich der Erklärung der vorgenannten Erscheinung werden zunächst zwei ähnliche Vorkommnisse an einer auf feuchtem Untergrund stehenden hohen Pappel und an Waldbäumen in halber Stammhöhe beschrieben. Anscheinend handelt es sich um eine durch sehr starke Feldintensität (niedrige Gewitterwolken) bedingte Glimmentladung, die sich unter günstigen Umständen bis zur Streifenentladung entwickelte. Die am Stamm vorbeigleitenden, stark elektrisch geladenen Regentropfen waren für die Ausbildung der Erscheinung wesentlich. Die Potsdamer Registrierung der Niederschlags elektrizität machen so hohe Tropfenladungen, wie sie hierzu nötig sind, wahrscheinlich.

Die periodische Wiederkehr hohen Luftdruckstandes im Winter des Alpengebiets; von J. Maurer.

Aus den relativen Luftdruckschwankungen der letzten 100 Jahre des Alpenlandes, ausgedrückt in Abweichungen vom normalen Monatsmittel des Luftdrucks, findet sich im Winter (November bis Januar vorwiegend) eine merkwürdige Periode: überwiegend alle 8 Jahre zeigen sich scharf ausgeprägte Maxima der relativen Luftdruckschwankung in der ersten Winterhälfte unseres westeuropäischen klimatischen Bereiches. Zu jedem Maximum der Luftdruckabweichung in achtjähriger Wiederkehr gehört auch meist ein deutliches Minimum. Die Ursache dieser merkwürdigen Periodizität ist schwer anzugeben; mit dem Sonnenfleckensstande hängt sie nicht zusammen. Der Verfasser knüpft an das Auftreten dieser periodischen Wiederkehr hohen Luftdruckstandes im Winter des Alpenlandes einige praktische Ergebnisse.

Heft 5/6, 1918.

Untersuchung des Kälteeinbruchs vom 7. zum 8. Februar 1917; von B. Wiese. Dieser sowohl horizontal als auch vertikal ziemlich ausgedehnte Kälteeinbruch, der sich am ausgeprägtesten im Südosten Europas zeigt, kann nicht die Folge von Abkühlung ruhender Luft sein, sondern ist durch den Transport kalter Luftmassen bedingt. Der Vergleich der Temperaturverhältnisse in der freien Atmosphäre, besonders in Hadersleben (Schleswig) und Temesvar (Südungarn) sowie die geringen Feuchtigkeiten in Temesvar widerlegen die Möglichkeit eines horizontalen und erweisen das Vorhandensein eines vertikalen Einbruchs kalter Luft. Die Diskussion der Massenänderung an verschiedenen Stationen sowie der Stromlinienkarten lassen Schlesien als Einbruchsstelle erkennen.

Heft 7/8, 1918.

Ganzjährige Beobachtungen der durchdringenden Strahlung auf dem Obir (2044 m); von Victor F. Heß und Martin Kofler. Die Verfasser berichten über Messungen, welche im Jahre 1913/14 mit zwei Wulfschen Strahlungsapparaten am Gipfel des Obir durchgeführt wurden. Es ergab sich eine deutliche jährliche Periode (Minimum im Februar, Maximum August), dagegen konnte im Winter keine tägliche Periode beobachtet werden. Die Variationen der durchdringenden Strahlung in 2000 m sind ca. 3-mal geringer als in normaler Seehöhe. Die Abhängigkeit der durchdringenden Strahlung von allen meteorologischen Elementen wird eingehend diskutiert.

Randbemerkungen I; von A. Schmauß. In den Randbemerkungen ist in aphoristischer Form Stellung genommen zu eben erschienenen Arbeiten oder sind Fragen behandelt, welche eine eingehendere Darstellung wegen Zeit- oder Raummangel augenblicklich nicht erlauben. Im vorliegenden Teile I sind behandelt: Eine besondere Type von Gewittern, die Gewitterzirren, die Hörweite des Donners, die Seltenheit von Perlschnurblitzen, Nebelbildung nach Sonnenaufgang, Anblick einer Planetenatmosphäre, ein Beleuchtungseffekt, die praktische Bedeutung der Stratosphäre, ein Vorlesungsversuch, die Bedeutung der Wolken für den Flieger, Verdunstung an nassem Schnee, Bildung einer Haufenwolke über einer Rauchwolke.

Über den Einfluß der Kuppenhöhe auf Barometerangaben; von R. Süring. Den Ausgangspunkt der Untersuchung bildet das Verhalten der Quecksilberbarometer des Potsdamer Meteorologischen Observatoriums seit 1892, wobei festgestellt wurde, daß Korrekturen nur durch Änderung der Kapillardruckdepression entstanden sind. Messungen der Meniskushöhe können daher als Maß für die Korrekturen dienen. Für Barometer stimmen die Tabellen der Kapillardruckdepression von Schleiermacher-Delcros am besten mit den Beobachtungen überein. Verfasser kommt zu dem Schluß, daß ein gut gearbeitetes Gefäßbarometer bei geeigneter Behandlung dem Gefäßbarometer mindestens ebenbürtig ist.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 23. (Seite 403—418)

6. Juni 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Glyceringewinnung aus Zucker. Von Dr. W. Connstein und Dr. K. Lüdecke, Berlin. S. 403.

Die Mimikry als Prüfstein phylogenetischer Theorien. (Schluß.) Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Study, Bonn. S. 406.

Messungen der durchdringenden Strahlung während der Sonnenfinsternis vom 21. August 1914. Von Dr. Werner Kolhörster, Cottbus. S. 412.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes. Von R. Pohl, Göttingen. S. 415.

Das Gesetz der Proportionalität von träger und schwerer Masse. Von W. Roth, Braunschweig. S. 416.

Zoologische Mitteilungen:

Ein neues Geschlechtsmerkmal bei den Fröschen. Frißt der Maulwurf Engerlinge? Ein Psychologe zu dem Heß-Frischischen Streite über den Farbensinn der Tiere. Vollzieht sich Ballung und Expansion in den Melanophoren von *Rana* nach Art amöboider Bewegungen oder durch intrazelluläre Körnchenströmung? S. 416—418.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Sonnenfinsternis am 29. Mai. Bemerkungen über einen Fetus von *Hippopotamus amphibius* L. und über einen 9 Monate alten *Elephas maximus* L. Isostatische Reduktion von 34 Stationen, ausgeführt im Geodätischen Institut. S. 418.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheißwerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
chem. Fabrik Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Hg. Leisegang } Potsdamerstr. 138
Berlin } Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Verlag von Julius Springer in Berlin

Soeben erschien:

Deutschlands Finanzlage
nach dem Kriege

Rede, gehalten in der Deutschen National-
versammlung am 15. Februar 1919

Von **Schiffer**
Reichsminister der Finanzen

Preis M. 1.— *

*) Hierzu 10 % Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen
des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das v. Pirquetsche System der Ernährung

Von

Professor Dr. **B. Schick**, Wien

Mit 3 Textabbildungen

Preis M. 2.— *)

*) Hierzu 10 % Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

6. Juni 1919.

Heft 23.

Glyceringewinnung aus Zucker.

Von Dr. W. Connstein und Dr. K. Lüdecke,
Berlin.

Das Glycerin, welches in großen Quantitäten sowohl in der Technik, vor allen Dingen zu Sprengstoffzwecken, wie in der kosmetischen Branche benutzt wird, war von jeher ein Spekulationsartikel, den wir zum großen Teil aus dem Ausland beziehen mußten, da Deutschland selbst Glycerin nur in verhältnismäßig geringen Mengen herstellte. Das Glycerin wurde bisher aus Fetten gewonnen. Die Fette bestehen aus Fettsäure und Glycerin. Bei der Seifenherstellung zerfallen die Fette in Fettsäure, die auf Seife verarbeitet wird, und Glycerin. Der Glycerinpreis war also zum großen Teil abhängig von dem Preis der Fette. Bei einer Fettnot schnellte der Preis des Glycerins ganz enorm in die Höhe. Es lag also schon immer nahe, sich nach neuen Glycerinquellen in der Natur umzusehen. Als der Weltkrieg ausbrach, war es jedem Eingeweihten klar, daß die europäischen Mittelmächte in kurzer Zeit einen sehr großen Mangel an Glycerin haben mußten, da das Glycerin in enormen Quantitäten zur Herstellung von Pulver und Sprengstoffen benutzt wird, und den Mittelmächten natürlich selbst das Fett, welches sie in großen Quantitäten aus dem Ausland bezogen hatten, zur Herstellung des Glycerins fehlte. Infolgedessen wurde die Frage nach neuen Glycerinquellen dringender. Es lag nun nahe, sich hierzu des Zuckers zu bedienen, der in seinem chemischen Aufbau einigermaßen Ähnlichkeit mit dem Glycerin hat. Das Verfahren, über welches wir nun berichten wollen, wurde schon im Jahre 1914 gefunden. Eine Veröffentlichung hierüber mußte aber bisher auf Wunsch der deutschen Heeresverwaltung, welche an der Geheimhaltung während des Kriegszustandes das größte Interesse hatte, unterbleiben.

Von den verschiedenen Wegen, welche zur Umwandlung des Zuckers in Glycerin eingeschlagen wurden, führte nun der biochemische Weg am schnellsten zum Ziel.

Es war bekannt, daß man bei der gewöhnlichen Gärung des Zuckers mit Hefe stets etwas Glycerin, wenn auch nur in äußerst kleinen Mengen, höchstens 3 % vom Zucker, bekam. Über die Herkunft dieses Glycerins war man sich aber noch vollständig im unklaren, und es wurde vielfach die Ansicht verfochten, dieses Gärungsglycerin entstamme den in der Hefe vorhandenen Fetten oder Eiweißstoffen.

Die gewöhnliche Zuckergärung fand bisher stets in neutraler oder schwachsaurer Lösung statt. Theoretische Erwägungen ließen uns nun vermuten, daß bei alkalischer Reaktion der Gärflüssigkeit die Gärung des Zuckers mit Hefe wohl anders verlaufen würde, als in dem bisher üblichen Medium.

Bei der Durchsicht der Literatur findet man hin und wieder schüchterne Versuche erwähnt, der Hefe etwas Alkali in den Maischen zu bieten, immer im Hinblick darauf, daß durch diese Zusätze die Alkoholausbeute gehoben werden soll. Diese Hoffnung bestätigte sich aber nicht, sondern die Gärungen verliefen schlechter und mit geringerer Ausbeute an Alkohol. Andere Gärungsprodukte konnten diese älteren Autoren aber nicht gewinnen, da hierfür die zugesetzten Alkalimengen zu gering waren.

Schon unsere ersten Versuche, die wir mit einem Zusatz von alkalisch reagierenden Stoffen zur Gärflüssigkeit machten, zeigten, daß wir uns mit unserer theoretischen Überlegung auf dem richtigen Weg befunden hatten. Die Gärungen gingen ausgezeichnet vonstatten und lieferten uns das so sehnlichst erwartete Glycerin. Wie sehr unsere Versuche den bisherigen Anschauungen, die in der Gärungschemie herrschten, dadurch widersprachen, daß wir statt in schwachsaurer oder neutraler Lösung in ziemlich alkalischer Lösung goren, kann man aus einer Äußerung ersehen, die einer der besten Kenner der Gärungsphysiologie und Gärungsindustrie uns gegenüber tat, als wir ihm unsere Resultate vortrugen, indem er uns sagte: „Ein so dummes Verfahren konnte nur ein völliger Laie auf dem Gebiete der Gärungsindustrie finden.“

Eine solche Glyceringärung wird nun folgendermaßen angesetzt:

Man nimmt eine 10-prozentige Zuckerlösung, setzt derselben etwas Kalium, Magnesium und Phosphor als Nährsalze für die Hefe zu, fügt zu dieser Lösung 10 % vom Zucker Hefe und das entsprechende alkalisch reagierende Salz, welches durch seine Gegenwart die Hefe zur Glycerinbildung veranlaßt, und überläßt dann diese Mischung bei einer Temperatur von ca. 30–35 ° sich selbst. Nach kurzer Zeit beginnt eine Kohlensäureentwicklung. Diese dauert ungefähr 48–60 Stunden. Bei einer Prüfung auf Zucker findet man dann, daß der Zucker aus der Flüssigkeit verschwunden ist. Man kann nun aus dieser ganzen Flüssigkeit den Alkohol und etwa noch gebildete flüchtige Produkte abdestillieren und die restierende Flüssigkeit eindampfen. Aus dem

zurückbleibenden Salzbrei kann man dann durch Absaugen oder Extrahieren mit Alkohol, eventl. auch durch Abdestillieren mit überhitztem Wasserdampf, das Glycerin gewinnen.

Als alkalisch reagierende Zusätze zu der Gärung kann man verwenden: Dinatriumphosphat, Ammoniumcarbonat, Natriumacetat, Natriumbicarbonat, Magnesiumbicarbonat usw. Folgende kleine Tabelle gibt ein Bild über die bei den verschiedenen Zusätzen entstehenden Glycerinausbeuten:

Dinatriumphosphat	46 0/0 v. Zucker:	11 0/0 Glycerinausbeute
"	70 0/0 "	" : 15,6 0/0 "
Ammoniumcarbonat	10 0/0 "	" : 13,4 0/0 "
Natriumacetat	30 0/0 "	" : 9,5 0/0 "
Natriumbicarbonat	14 0/0 "	" : 12,7 0/0 "
Kontrolle ohne Zusatz:		3 0/0 "

Die weiteren Untersuchungen lehrten uns nun, daß man so ziemlich jedes alkalisch reagierende Salz zur Glyceringewinnung den Hefegärungen zusetzen kann. Allerdings trat hierbei eine unangenehme Eigenschaft der alkalischen Maische zutage, nämlich die, daß diese alkalischen Maischen ausgezeichnete Nährböden für alle möglichen säurebildenden Bakterien, besonders für Milchsäurebakterien, abgeben. Diese säurebildenden Bakterien fressen nicht nur einen großen Teil des Zuckers auf, sondern verunreinigen auch noch das entstehende Glycerin derartig, daß es sich nur sehr schwer reinigen läßt. Aber auch diesem Übelstand konnten wir abhelfen dadurch, daß wir fanden, daß man als alkalischen Zusatz auch Natriumsulfit verwenden kann. Von diesem Salz verträgt die Hefe merkwürdigerweise erhebliche Quantitäten, und in größeren Mengen der Gärung zugesetzt, wirkt dieses Salz geradezu antiseptisch und verhindert vor allem das Auftreten von Milchsäurebakterien, ja es tötet sogar in Konzentrationen von ca. 9 % schon vorhandene Milchsäurebakterien ab oder schwächt sie derartig, daß sie sich nicht weiter vermehren. Außerdem hat dieses Salz aber auch noch eine andere ganz hervorragende Bedeutung für das Verfahren gewonnen dadurch, daß es sich als spezifisch wirksam für die Glycerinbildung erwiesen hat. Man erhält durch Zusatz dieses Salzes bedeutend höhere Ausbeuten an Glycerin als bei den anderen Salzen, wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist:

Natriumsulfit	40 0/0 vom Zucker:	23,1 0/0 Glycerinausbeute
"	67 0/0 "	" : 24,8 0/0 "
"	80 0/0 "	" : 27,3 0/0 "
"	100 0/0 "	" : 30,1 0/0 "
"	120 0/0 "	" : 33,0 0/0 "
"	150 0/0 "	" : 34,6 0/0 "
"	200 0/0 "	" : 36,7 0/0 "

Wir sehen aus der Tabelle, daß die Glycerinausbeute aus dem Zucker in einem gewissen Abhängigkeitsgrad von dem zugefügten Sulfit steht. Wir haben natürlich unsere Aufmerksamkeit darauf gelenkt, die Ausbeute an Glycerin durch verschiedene Abänderungen des Verfahrens zu

erhöhen. So haben wir an Stelle von Rohrzucker Glucose und Fructose genommen, ebenso haben wir Rohrzucker verwendet und auch Melasse usw., immer mit dem gleichen Resultat, nur daß bei einzelnen zuckerhaltigen Substanzen, wie z. B. bei der Melasse, die durch viele organische Körper verunreinigt ist, die Reinigung des Glycerins sich etwas anders gestaltet und für jeden Fall eine spezifische Methode verlangt. Aber stets wurde eben ein gleich gutes Glycerindestillat erhalten, das eventl. nach einer Zwischenbehandlung allen Anforderungen der verschiedenen Arzneibücher entspricht. Natürlich haben wir auch die verschiedensten Heferassen verwendet, ohne im großen und ganzen nennenswerte Abweichungen von den oben angeführten Resultaten feststellen zu können.

Für die technische Verwertung unseres Verfahrens ist es interessant, daß man die Hefe, welche schon einmal die Arbeit geleistet hat, den Zucker in Glycerin zu verwandeln, wiederholt benutzen kann. Wir haben z. B., wie aus folgender Tabelle hervorgeht, dieselbe Hefe achtmal verwendet, um stets das gleiche Quantum Zucker auf Glycerin zu verarbeiten, und jedesmal mit ungefähr demselben Erfolg.

Hefe 1-mal regeneriert	18,8 0/0 Glycerin
" 2 "	21,4 0/0 "
" 3 "	22,9 0/0 "
" 4 "	22,8 0/0 "
" 5 "	22,3 0/0 "
" 6 "	20,9 0/0 "
" 7 "	19,9 0/0 "
" 8 "	21,2 0/0 "

Von Zeit zu Zeit empfiehlt es sich natürlich, die Hefe wieder eine Zwischengärung ohne Sulfitzusatz durchmachen zu lassen, damit sie sich von der ihr doch immerhin ungewohnten Arbeit der Glycerinbildung erholen kann.

Wie wir oben schon erwähnt haben, entsteht neben Glycerin und Alkohol auch noch Kohlensäure und ein anderes Produkt, nämlich Acetaldehyd. Letzterer bildet sich bei der gewöhnlichen Alkoholgärung auch in geringer Menge, aber nur eben in Bruchteilen eines Prozentes. Bei den in Tabelle I angeführten alkalischen Zusätzen erhält man auch nur wenig Aldehyd. Ganz anders verhält sich aber die Gärung bei einem Zusatz von Natriumsulfit. Es bilden sich dabei erhebliche Mengen Acetaldehyd (über 10 %), und es ist wahrscheinlich auch hierfür die günstige Einwirkung des Natriumsulfits auf die Glycerinbildung zurückzuführen. Chemisch beruht die Bildung oder sagen wir lieber das Festhalten des Acetaldehyds bei der Gärung durch Natriumsulfit darauf, daß das Natriumsulfit durch die bei der Gärung entstehende Kohlensäure in Natriumbisulfit und Natriumbicarbonat zerfällt. Das Natriumbisulfit geht mit Acetaldehyd die bekannte Acetaldehyd-Natriumbisulfit-Verbindung ein und hindert die Hefe so, den Acetaldehyd weiter zu verarbeiten. Es ist wahrscheinlich, daß

gerade dieses Festhalten des Aldehyds bei der Glycerinbildung eine besondere Rolle spielt, doch möchten wir über die theoretischen Vorgänge hierbei im Augenblick eine Entscheidung noch nicht fällen. Jedenfalls aber ist es bemerkenswert, daß durch unsere Beobachtungen wohl zum ersten Mal der Nachweis erbracht ist, daß man Kleinlebewesen durch Gegenwart von anorganischen Salzen derartig in ihrem Stoffwechsel beeinflussen kann, daß das Verhältnis der normalen Stoffwechselprodukte sich quantitativ völlig verschiebt mit dem Effekt, daß die neu entstandenen Produkte eine wirtschaftliche Verwendung finden können. Vielleicht gibt uns dieses neu gefundene Prinzip beim weiteren Ausbau noch manche interessante Überraschung.

Für den Acetaldehyd, der in großen Mengen bei der technischen Durchführung des Verfahrens als Nebenprodukt gewonnen wurde, war für kriegswirtschaftliche Verwendung ein großes Absatzgebiet vorhanden. Die Bildung des Acetaldehyds steht im umgekehrten Verhältnis zur Bildung des Alkohols, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist:

Sulfitzusatz %	Aldehyd %	Alkohol %
25	2,42	39,96
40	5,6	—
50	5,8	35,8
67	7,6	—
80	9,9	—
100	10	29,4
120	15	—
150	17,6	—

Bei jeder Gärung entsteht natürlich auch Kohlensäure, und es ist nun interessant, daß bei unserem Verfahren die Kohlensäuremenge im Verhältnis zu dem verbrauchten Zucker geringer ist als bei der bisher üblichen Gärung, bei der der Zerfall des Zuckers in ungefähr 50 % Alkohol und 50 % Kohlensäure stattfindet. Wir erhalten, wie uns die folgende Tabelle zeigt, viel weniger Kohlensäure:

Sulfitzusatz %	Kohlensäure %
25	37,6
50	35,8
100	29,4

Während nach dem alten üblichen Gärverfahren aus dem Zucker nur 50 % verwertbare Substanzen erhalten werden, während 50 % in Form von Kohlensäure in die Luft geht, ist das Verhältnis bei unserem Verfahren ein volkswirtschaftlich günstigeres, weil sich die flüssigen verwertbaren Produkte zu den gasförmigen Spaltungsprodukten, z. B. bei einem Zusatz von 100 % Sulfid zu unserer Gärung, wie 60 : 40 verhalten. Wir erhalten also 10 % mehr verwertbare Produkte aus dem Zucker.

Zusammengefaßt ergibt sich also: *Mit steigendem Sulfidzusatz wird die alkoholische Zuckergärung derartig verändert, daß die Bildung von*

Alkohol und Kohlensäure ab-, die Bildung von Glycerin und Acetaldehyd dagegen zunimmt.

Die Frage, wie man sich die Beeinflussung der Gärung durch die zugefügten Salze erklären kann, möchten wir im Augenblick noch nicht diskutieren. Wir machen nur darauf aufmerksam, daß augenscheinlich verschiedene Momente mitwirken, nämlich einerseits eine allgemeine Salzwirkung und andererseits eine gewisse spezifische Sulfidwirkung. Daß die Gegenwart von großen Mengen Salzen die Glycerinbildung wesentlich fördert (vielleicht durch Veränderung des osmotischen Druckes der Lösung und die dadurch hervorgerufene Veränderung in der Stoffwechselgeschwindigkeit der Hefe), geht bereits aus den eingangs erwähnten Versuchen mit diversen alkalisch reagierenden Salzzusätzen hervor, wie auch dadurch, daß gewisse neutrale, ja sogar saure Salze, in erheblichen Mengen der Gärung zugesetzt, auch eine Steigerung der Glycerinausbeute herbeiführen können, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist:

Chlorcalcium	40%	vom Zucker:	8,2%	Glycerinausbeute
Chlorammonium	30%	"	7,3%	"
Chlornatrium	19%	"	8	"
Natriumsulfat	24%	"	6,7%	"
"	48%	"	8	"
Natriumnitrat	34%	"	5,5%	"
Ferrosulfat	60%	"	11,8%	"
"	120%	"	13,1%	"
Aluminiumsulfat	39%	"	9,4%	"
"	44%	"	11,6%	"
"	80%	"	16	"

Über die spezifische Wirkung des Sulfids haben wir uns oben schon geäußert.

Das von uns geschilderte Verfahren der Gewinnung von Glycerin als Nebenprodukt der alkoholischen Gärung wurde von uns bald nach seiner Auffindung und Patentierung (Patentanmeldung vom 12. April 1915) der Militärverwaltung zur Verfügung gestellt, und durch diese erfolgte in kurzer Zeit die Übertragung der Laboratoriumsversuche in den Großbetrieb. Diese Übertragung, welche sonst bekanntlich die größten Schwierigkeiten hervorruft, ging in diesem Falle ohne jede größere Schwierigkeit und in kurzer Zeit vor sich. Die Heeresverwaltung beauftragte eine für diesen Zweck gegründete Gesellschaft mit der wirtschaftlichen Ausbeutung des Verfahrens, und es wurden innerhalb weniger Monate eine große Reihe von Betrieben in den Dienst dieser neuen Industrie gestellt. Die von uns ausgearbeiteten Rezepte blieben trotz vielfacher Verbesserungsversuche noch bis in die letzte Zeit hinein maßgebend.

Es wird noch interessieren, daß die Gesamtmenge Glycerin, welche nach dem Verfahren erzeugt wurde, sich im Monat auf mehr als 1 Million Kilo belief, und daß die technische Ausbeute an fertigem Glycerin, auf Zucker bezogen, zwischen 20 und 25 % betrug.

Die Mimikry als Prüfstein phylogenetischer Theorien.

† Von E. Study, Bonn.

(Schluß)

Das Urteil über die Theorie wird nunmehr von dem abhängen müssen, was sie Positives zu leisten vermag. Daß die eigentümliche geographische Verbreitung der Mimikrygruppen und die klare Beziehung der ganzen Erscheinung zum Wechsel von Tag und Nacht — woran alle zuvor besprochenen Annahmen zuschanden werden — durch die Selektionshypothese verständlich wird — bei dem völligen Fehlen historischer Daten nur in großen Zügen, versteht sich —, das dürfte ohne weiteres klar sein. Ferner wird verständlich, und wiederum nur auf diese Weise verständlich, daß da, wo Gleichartigkeit der äußeren Erscheinung mit geographischer und ökologischer Vereinigung zusammentrifft, so ungemein häufig eines der Tiere oder ihrer mehrere widerlich sind. Ausnahmen von dieser Regel scheint es freilich mehr zu geben als auf Rechnung des Zufalls gesetzt werden können (z. B. *Neptis*-ähnliche Falter im äthiopischen Gebiet), man hat aber noch längst nicht alle Fälle derart untersucht, oder man hat sie nicht gründlich genug untersucht. Erst ganz neuerdings ist die afrikanische Gattung *Euxanthe* als ekelhaft bekannt geworden, und so wird noch mehr derart zu erwarten sein. An Gründen für einen Verdacht der Unschmackhaftigkeit fehlt es bei verschiedenen Gattungen nicht, die Mimikrytheorie bewährt sich hier als Arbeitshypothese.

Nach der Mimikrytheorie ist anzunehmen, daß zur Zeit der Entstehung der Mimikryverhältnisse in der Regel das Modell häufig, der Nachahmer vergleichsweise selten war, und dann ist zu erwarten, daß es sich auch gegenwärtig meistens noch so verhalten wird. In der Tat scheint es nicht sehr viele Ausnahmen von dieser Regel zu geben, und oft genug sind die Nachahmer äußerst selten, zuweilen auch, soviel bekannt, sehr beschränkt im Areal (*Cosmodesmus idaeoides*, *Heliconius tolima*). Bemerkenswert ist aber ein von Arten der Wespengattung *Pepsis* und ihren mancherlei Nachahmern gebildeter Ausnahmefall. In Gegenden von Südamerika ist nach A. Seitz unter einem halben Dutzend wie Wespen aussehender Insekten nur eine wirkliche Wespe. Aber gerade diese Wespen, „die mit unglaublicher Gewandtheit um ihren Körper herumstechen“, gehören zu den am meisten gefürchteten Tieren (sie sollen sogar kleine Kinder umbringen können); ihr Dasein konnte also einen ungewöhnlich starken umgestaltenden Einfluß ausüben. Bemerkenswert ist ferner, daß die Mimetiker unter den Schmetterlingen auch als Raupen und Puppen wenig auffällig zu sein pflegen, während umgekehrt gewisse Heuschrecken, die als kleine Larven Ameisen gut kopieren, im ausgewachsenen Zustand, wo diese Verkleidung nichts mehr helfen könnte, zu Schutzfärbungen übergehen.

Auf viele Einzelheiten einzugehen, fehlt hier der Raum. Doch wird nochmals darauf hinzuweisen sein, daß Ähnlichkeit der äußeren Erscheinung von der Natur oft mit ganz verschiedenen Mitteln erreicht wird. Es muß also auf die Erscheinung ankommen. Daß entsprechende Zeichnungen bei dem geschützten Modell und seinem entfernt verwandten Mimetiker öfter an sehr verschiedenen Körperstellen sitzen, z. B. hier auf dem Körper selbst, dort auf dem Flügel, wurde schon erwähnt. Öfter sind bei Schmetterlingen auch die Zeichnungen auf den Flügeln selbst recht verschieden, so daß nur im Gesamteindruck eine Ähnlichkeit zustande kommt. So zum Beispiel bei den Paaren:

<i>Cosmodesmus idaeoides</i>	→ <i>Hestia leuconor</i> ,
<i>Cyclosia pieridoides</i> ♀	→ <i>Ideopsis daos</i> ,
<i>Zethera incerta</i>	→ <i>Ideopsis vitrea</i> ,
<i>Victorina steneles</i>	→ <i>Metamorpho dido</i> ,
<i>Castnia heliconoides</i>	→ <i>Ituna ilione</i> ,
	<i>Thyridia themisto</i> .

Auch die verwendeten Farbstoffe können verschieden sein, und ebenso die Mittel, durch die bei Schmetterlingen Durchsichtigkeit der Flügel erreicht wird. Vom Standpunkte der Mimikrytheorie aus ist gar nichts anderes zu erwarten. Eine wirkliche Übereinstimmung fehlt ja selbstverständlich bei allen Nachahmern von Pflanzenteilen und leblosen Gegenständen. Auch mit dieser Art von Tatsachen wird der Mechanolamarckismus sich schwerlich abfinden können. Jedenfalls wird mit einem Wort statt einer Erklärung (*Heterhodogenesis*, Eimer) unser Verständnis nicht gefördert.

Bei grünen Heuschrecken, deren Farbstoff übrigens, dem Anschein entgegen, nicht mit Chlorophyll identisch sein soll, wird auch eine Einwirkung des Lichtes in Frage kommen, und ebenso vielleicht noch in einigen anderen Fällen¹⁾. Diese Fragen haben ein hohes physiologisches Interesse, es muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß durch ihre Beantwortung das phylogenetische Problem seiner Lösung nicht näher ge-

¹⁾ Eine direkte oder durch die Nervenbahnen vermittelte Lichtwirkung, aber nicht „Autosuggestion“ (Hahnel, Piepers!!) und auch nicht Farbenphotographie, wiewohl ein Physiker, O. Wiener, sie für möglich hält. Wenn eine Raupe oder Heuschrecke auf grünem Blatt oder zwischen grünem Grase sitzt, so empfängt sie gleichwohl weitaus überwiegend weißes Tageslicht, wie das einfachste Experiment es im Augenblicke bestätigt. Es liegt also schon die erste Voraussetzung der Farbenphotographie nicht vor, ganz abgesehen davon, daß die Fixierung photographischer Farben Einrichtungen erfordert, deren Existenz bis jetzt nicht nachgewiesen ist. — Übrigens begreife ich nicht, warum man die Versuche noch nicht angestellt hat, die in allen diesen Fragen die Entscheidung leicht herbeiführen müßten. — Gewiß werden verschiedene Fälle verschieden zu beurteilen sein. Bei einigen Phasiden (*Tropidoderus*), die die Flügel übereinanderschlagen, sind nur die in der Ruhe sichtbaren Stellen grün, und bei der Mantide *Odontomantis javana* ist (nach Standfuß) bald der rechte, bald der linke Vorderflügel oben gelegen und grün. Andere Mantiden und viele Locustiden verhalten sich aber anders.

bracht wird. Wie sind die heutigen Entwicklungsanlagen der Heuschrecke zustande gekommen, wie die Konstitution ihres Idioplasmas, die sich dann als kleine chemische Fabrik in der Erzeugung oder Verwertung von Farbstoffen betätigt? Darüber kann uns die Physiologie keine Auskunft geben! Der einzige Schimmer von Licht, der auf diese dunklen Probleme fällt, kommt von der Selektionstheorie. Und so verhält es sich auch mit den vielen Schmetterlingen, die während der Puppenruhe im Finstern an den später exponierten und dann längst toten Schuppen ihrer Flügel die Farben und Zeichnungen bilden, die im Verein mit gewissen Lebensgewohnheiten den ausgebildeten Faltern Schutz verleihen.

Sehr merkwürdig ist eine Eigenschaft vieler durch Widrigkeit geschützter Schmetterlinge, für die Marshall eine wohl zutreffende Erklärung gefunden hat. Solche Falter entwickeln nämlich ganz gewöhnlich eine erstaunliche *Lebenszähigkeit gegenüber Verletzungen*. Dies gilt z. B. für die auch bei uns vorkommenden Zygaeniden, vor allem aber für die großen tropischen Familien der sonst so gebrechlichen *Rhopalocera*, die, anscheinend zufolge ihrer Raupennahrung, hauptsächlich die Modelle zu stellen pflegen. Aristolochienfalter (Pharmacophagusarten), Danaiden, Acränen, die ihre Widerlichkeit sicher ganz verschiedenen Ursachen verdanken, stimmen doch in diesem Punkte überein. Ihre Körperdecken haben eine lederige Konsistenz, so daß sie selbst durch Eindrücken des Brustkorbs kaum getötet werden können. So mißhandelte und vermeintlich verstorbene Danaiden, die man in Tüten eingeschlossen hatte, flogen noch nach Tagen davon. „Nur die Giftflasche wird mit Acraeae fertig.“ Auch dieses Zusammentreffen ganz heterogener Eigenschaften spottet wieder jeder nicht selektionistischen Erklärung. Aber vom Standpunkt der Selektionstheorie aus läßt sich einiges Licht auf diesen erstaunlichen Sachverhalt werfen. Eklige Tiere werden, wenn dennoch aus Versehen oder von unerfahrenen Nachstellern angegriffen, öfter wieder freigegeben, sie können sich zuweilen erholen und noch zur Fortpflanzung kommen, während andere unweigerlich verspeist werden. Also konnte, Widrigkeit und das Auftreten geeigneter Mutationen vorausgesetzt, eine freilich gewiß sehr langsam arbeitende Auslese stattfinden, die allmählich den lederigen Zustand herbeiführte oder, wenn er ursprünglich vorhanden war, gerade bei diesen Familien die Bildung eines gebrechlicheren Körpergerüsts verhinderte.

Man mag das phantastisch finden. Aber ist die doch wohl einzige andere Alternative, die Annahme eines zufälligen Zusammentreffens, überhaupt ernstlich in Betracht zu ziehen? Sollen wir uns nicht lieber klar machen, daß es nicht nur auf die Intensität der Selektionswirkung, sondern auch auf ihre Dauer ankommt?

Die in Frage kommenden *Instinkte* der *Mimikrytiere* können hier wohl kürzer behandelt werden. Es ist genugsam bekannt, daß sehr viele Falter beim Niedersitzen eine ihnen selbst ähnliche Umgebung bevorzugen. Man kann sogar aus dem Aussehen eines Schmetterlings einen sicheren Schluß auf die Art seiner Ruhestellung ziehen¹⁾. Wieder haben wir die Beziehung zum Licht, zum Wechsel von Tag und Nacht. Eine besondere Erwähnung verdient wohl die *doppelte* Ruhestellung eines Schmetterlings, *Charaxes lichen* (♂), die kürzlich von Herrn Arnold Schultze beschrieben worden ist²⁾. Dieses Tierchen sitzt, wenn allein, mit vorgezogenen Vorderflügeln, nach Art unserer *Polygonia c. album*, täuscht dann ein Blatt vor, läßt sich ergreifen und „stellt sich tot“. In Gesellschaft anderer Falter aber, deren charakteristische Gruppierung um Raubtierkot keine Täuschung zuläßt, sitzt es auf gewöhnliche Art und ist fluchtbereit. Sehr merkwürdig ist auch, daß verschiedene Insekten, die *Wespen* nachahmen; auch die Unruhe kopieren, die diese in ihren Fühlern haben. Belt hat in seinem berühmten Reisewerk *The Naturalist in Nicaragua* gleich zwei solcher Verstellungskünstler aufgeführt, einen Käfer und eine Wanze (2nd edition, 1888, pp. 318, 319).

Für alle diese Erscheinungen, und auch für die bei mancherlei Tieren vorkommende Gewohnheit der *Maskierung*, gibt die Selektionstheorie den einzigen irgendwie annehmbaren Erklärungsgrund ab. Vom Ursprung der voraussetzenden Mutationen weiß man freilich nichts, da aber in anderen Gebieten der Biologie das Auftreten von allerlei Mutationen ebenfalls unbekannten Ursprungs sichergestellt ist, so ist die Annahme, daß sie auch hier stattgefunden haben, völlig unbedenklich, und dann ergibt sich das Weitere von selbst. Man muß ja das wiederholte Auftreten erblicher Änderungen ohnehin annehmen, wie sollte sonst die Umbildung der Organismenwelt in der Zeit zu verstehen sein. Entschieden abzulehnen aber sind alle lamarecktschen Erklärungsversuche. *Von Intelligenz zeigen ja gerade diese Insekten kaum Spuren*. Es ist gar nicht daran zu denken, daß etwa ihre Verfahren die Beobachtungen angestellt und die Schlüsse gezogen haben könnten, die zu einer verstandesmäßigen Ausnützung ihrer Lebenslage hätten führen können. Ein Schmetterling weiß kaum, wie er aussieht, noch weniger kann er sich mit einem dünnen Blatt vergleichen oder gar Reflexionen über die Ungenießbarkeit solcher Blätter

1) Näheres darüber bei M. Standfuß: Die Beziehungen zwischen Färbung und Lebensgewohnheit bei den paläarktischen Großschmetterlingen. Naturf. Ges. Zürich, 39, 1894. Der theoretischen Ansicht dieses ausgezeichneten Kenners und Beobachters, wonach unmittelbare (und dann vererbte) Lichtwirkungen die Ursache jener Färbungen sein sollen, kann ich freilich durchaus nicht zustimmen.

2) Ergebnisse der Zweiten Deutschen Zentral-Afrika-Expedition Bd. I, 1917, S. 588.

anstellen. Die jetzt vorhandenen, teilweise recht verwickelten Instinkte können also nicht durch Vererbung persönlich erworbener Gewohnheiten entstanden sein: Man braucht dazu gar nicht auf die begrifflichen Schwierigkeiten der Annahme einer Erbllichkeit „erworbener“ Eigenschaften zu verweisen. Meines Wissens halten ja heute auch nur noch lamarckistische Schriftsteller, aller Tierpsychologie zum Trotz, an der übrigens u. a. auch von K. E. v. Baer abgelehnten Idee fest, daß die Instinkte solche vererbte Gewohnheiten seien.

Durch Widrigkeit geschützte Schmetterlinge haben ebenfalls gewisse Instinkte. Manche Arten tun sich zu großen Schwärmen zusammen — dann findet man unter ihnen gewöhnlich auch die selteneren Nachahmer. Daß Derartiges zu erfolgreicher Nachahmung nicht nötig ist, versteht sich. Der Nachahmer wird sogar dann durch seine Verkleidung am besten geschützt sein, wenn er zu späterer Jahreszeit auftritt als sein Modell. Hierüber sollten genauere Beobachtungen angestellt werden. Ferner sind die geschützten Arten, anscheinend sogar immer, weniger scheu und auch bei kräftigem Körperbau träge im Flug — also leicht zu fangen. Nicht wenige, z. B. unsere Zygaeniden, kann man bequem mit den Händen greifen. Die Mimetiker aber kopieren oft auch solche Gewohnheiten, selbst wenn sie zu den sonst schnellseglenden Papilioniden gehören. Es ist so, als wenn sie zu ihren Verfolgern sagen wollten: „Besieh mich nur genau, dann wirst du schon zu der Ansicht kommen, daß du mich besser in Ruhe läßt.“ Und es sind Vögel gesehen worden, die nach dieser freundlichen, wenn auch nicht ganz uneigennützigen Anweisung gehandelt haben. Dieser Fall ist so zu beurteilen wie die zuvor besprochenen. Aber so tief eingewurzelt wie bei den Modellen sind solche Gewohnheiten bei den Mimetikern doch noch nicht immer. Manch einer dieser unselbständigen Papilionen erinnert sich seiner stolzen Abstammung, wenn ihm das Netz droht, und fliegt pfeilschnell davon.

Besonders lehrreich ist noch der Fall der Symtomidengattung *Macrocneme*. Diese hübschen Falter haben, wie ihr Name sagt, lange Beine, und auf diesen tragen sie rein-physiologisch ganz unverständliche Hörschen. Im Flug lassen sie nun ihre Beine hängen, und dann gleichen sie, nach A. Seitz, genau den Mordwespen der Gattung *Pepsis*, die mit ebenfalls lang hängenden Beinen zu fliegen und ihre Beute davonzutragen pflegen.

Zum Schluß dieser Reihe von Betrachtungen soll noch eine Frage behandelt werden, die der mehrfach erwähnte Entomologe Piepers aufgeworfen, aber selbst nicht zu beantworten gewußt hat: *Wie kommt es, daß von einem Schutz von (höheren) Pflanzen durch Verkleidung so gut wie keine Rede ist? (da doch Ähnlichkeiten der Ge-*

*stalt im Pflanzenreiche gewöhnlich und Giftpflanzen häufig sind?)*¹⁾.

Man sieht an diesem Beispiel, wie Voreingenommenheit den Blick trüben kann, denn die Antwort liegt auf der Hand. Tiere, die Pflanzen abweiden, orientieren sich meistens nach dem Geruch, und dann können sie sich ihr Futter aus der Nähe und genau betrachten, denn die Pflanzen halten still. Da hilft selbst ein hoher Grad von Ähnlichkeit mit einer Giftpflanze gar nichts, also fehlt der Selektion die Ansatzmöglichkeit, und Mimikry kann nicht zustande kommen. Wo es sich aber darum handelt, Futterpflanzen aus der Ferne zu erspähen, wie im Wüstenklima, da liegt die Sache anders, und dort kann es denn auch vegetabilische Mimikry geben. Mancher meiner Leser wird im Garten von *La Mortola* die berühmte „Steinpflanze“ gesehen haben, ein *Mesembryanthemum* aus dem Kapland, das zwischen Kieseln wächst, denen es gleicht. Dieser Fall ist auch noch in anderer Beziehung lehrreich. Die ruchlosen Europäer haben in Südafrika die großen pflanzenfressenden Säugetiere fast ganz ausgerottet. Außerdem frißt das Vieh, sehr wahrscheinlich, diese Pflanzen, wenn es sie findet. Schließlich blüht die Pflanze zuweilen, was natürlich ihre Steinähnlichkeit sehr beeinträchtigen muß. Also ist, nach dem Muster üblicher Beweisführungen, kein Zweifel, daß ihre Verkleidung der Pflanze „nichts nützt“. Übrigens scheint, nach einer Notiz im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, die Verkleidung solcher *Mesembryanthemum*-arten, verschiedenen Böden angepaßt zu sein. Da in denselben Gegenden auch *Crassula*-arten und Asklepiadeenknollen eine ähnliche Verkleidung darbieten sollen, so ist ein bloßer Zufall (von dem Piepers spricht) wohl so ziemlich ausgeschlossen.

Ähnlich wie die letzte Frage läßt sich auch die andere beantworten, warum bei Raupen und anderen wenig beweglichen Tieren zwar Schutzfärbungen und sonstige Verkleidungen an der Tagesordnung sind, Mimikry im engeren Sinne aber ebenfalls beinahe ganz fehlt. Und auch hier gibt es einige Ausnahmen von der Art, die — wie man sagt — „die Regel bestätigt“.

Schon Bates hatte von einer großen Raupe als dem erstaunlichsten Beispiel von Mimikry gesprochen, das ihm je vorgekommen war. Das Tierchen, dessen Familienzugehörigkeit nicht genau festgestellt werden konnte, das aber bestimmt kein Spanner war, glich in Aussehen und Benehmen derart einer kleinen Giftschlange, daß es alle Einwohner des Dorfes in Schrecken setzte, in dem Bates damals wohnte. Neuerdings hat nun auch Herr H. Faßl eine solche Raupe beobachtet, und zwar war diese eine Spannerraupe (also zu einer ganz anderen Familie gehörig), die das ungewöhnliche und auffällige Kleid einer gefürchteten Giftschlange, nämlich der schwarz,

¹⁾ Flechten, und Moose ähneln oft den Steinen oder der Rinde, darauf sie wachsen.

weiß und rot geringelten Korallenschlange der südamerikanischen Kordillere trug¹⁾. Es wäre sehr zu wünschen, daß Beispiele dieser Art genau untersucht und (samt ihren Modellen) durch gute farbige Abbildungen dargestellt würden. Dann brauchte man nicht mehr viele Worte zu machen, ein Jeder würde wohl auf den ersten Blick sehen, was von den Zufalls-, Homöogenese- und Konvergenztheorien zur Erklärung der Mimikry zu halten ist.

Ich fasse nun zusammen.

An der Mimikry zerschellen alle lamarckistischen Erklärungsversuche für die Anpassungen²⁾. Namentlich war bei den Vorfahren der heutigen Insekten die persönliche Erwerbung (und Steigerung) der gegenwärtig in Erbanlagen begründeten Anpassungszustände (durch funktionelle Anpassung) überall ausgeschlossen, während die Hypothese innerer Ursachen für dieselben Erscheinungen zur Annahme der unwahrscheinlichsten Zufallsverkettenungen zwingt.

Leider kann in diesem Zusammenhang Vielen der Vorwurf großer Oberflächlichkeit nicht erspart werden. Der Geist des Widerspruchs scheint der Vater der hier zurückgewiesenen Hypothesen zu sein. Die schon bei Eimer stark fühlbare Voreingenommenheit, die ihn so viele offen daliegende Tatsachen hat übersehen lassen, äußert sich bei Piepers auch noch in einer ungehörigen Tonart. Zahlreich aber sind die Schriftsteller, die abfällige Urteile über eine von ihnen gar nicht verstandene und oft geradezu entstellte Theorie zum besten gegeben haben³⁾. Wenn meine Literaturkenntnis mich in diesem Punkte nicht im Stiche läßt, dürften in der ganzen antidarwinistischen Literatur Eimer und Piepers immer noch die sein, die den vorliegenden Stoff am gründlichsten behandelt haben!! Die

meisten von denen aber, die die Anpassungen nach lamarckistischem Schema beurteilen wollen, ignorieren die Existenz der Mimikry ganz und gar. Sie sind eine Art wissenschaftlicher Höhlenbewohner, diese Lamarckisten¹⁾. Andere wieder meinen mit solchem Stoff fertig zu sein, wenn sie sich das weiße Fell des Eisbären auf ihre Art zurechtgelegt haben. Ein Fall von zufälliger Ähnlichkeit zwischen zwei Insekten genügt für den Verfasser eines bekannten Käferbuchs, die Mimikrytheorie für unwissenschaftlich zu erklären!

Mit den beklagenswerten Ausschreitungen einer zügellosen populären Schriftstellerei habe ich hier nichts zu tun. Keinesfalls können sie die gekennzeichnete Art des Polemisierens gegen ernsthafte Forscher rechtfertigen. Was aber auf darwinistischer Seite von wissenschaftlichen Arbeitern gesündigt worden ist, hat sicher viel weniger Schaden angerichtet als ein auf grober Unkenntnis und Gedankenlosigkeit beruhendes unterschiedsloses Daraufloskritisieren. Es ist an der Zeit, daß dieser auch von autoritativen Stellen aus betriebene Dilettantismus endlich einmal aufhört.

Im Gegensatz zu solchen Lehrmeinungen bietet die Selektionstheorie eine ungezwungene und namentlich auch einheitliche Erklärung für eine lange Reihe von Tatsachen.

In Betracht kommt, nach Ablehnung des lamarckistischen Gedankengangs, nur noch die neodarwinistische Lehre:

Die Mutationen, und unter ihnen wiederum die nützlichen Mutationen, müssen zahlreich und vielgestaltig genug gewesen sein, und die Selektionswirkung kräftig genug, um die besprochenen Anpassungen herbeizuführen.

Natürlich bezieht sich das auf wirkliche, nicht bloß eingebildete Mimikry. Eine Erklärung wird geboten, soweit und selbstverständlich nur soweit, als unsere Unbekanntschaft mit den Ursachen des Mutierens und mit den Einzelheiten des historischen Werdegangs es zuläßt. Wir konnten erraten, was dem Strom seine Richtung angewiesen hat — vielleicht auch nur, was ihn aus seiner Richtung abgelenkt haben muß — was ihn aber zusammengehalten hat, warum er sich nicht uferlos ins Unbestimmte ergoß, und die treibende Kraft der Bewegung sehen wir nicht. Versuchen wir nicht, mit geheimnisvollen Worten (Prinzip der Progression, Entelechie usw.) und teleologi-

¹⁾ Bates, Trans. Linn. Soc. 23, 1862, p. 509. Faßl, Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie 6, 1910, S. 310.

Man beachte noch, daß die Korallenschlangen der Gattung *Elaps* eben die sind, die unter Schlangen selbst sehr viele Nachahmer haben.

²⁾ Die Versuche mechanolamarckistischer Erklärung. Die echten Nachfolger Lamarcks, die „Psycholamarckisten“ und sonstigen Vitalisten kommen nicht in solche Verlegenheit: „Die Seele“, „das Objektalpsychoid“ oder wie die vitalistische *virtus formativa* der Lebensvorgänge sonst genannt werden mag, kennt keinerlei physikalische oder sonstige Schranken oder Schwierigkeiten, sie kann schlechthin Alles. Vgl. A. Pauly, Darwinismus und Lamarckismus (1905), S. 279, und dazu die lehrreiche Bemerkung in H. Drieschs Philosophie des Organischen (1909), S. 147.

³⁾ Die Stilistik und das beneidenswerte Selbstbewußtsein gewisser Entomologen werden schon von Jacobi gekennzeichnet (S. 24, 26, 34, 186, 187). Das alles ist freilich noch gar nichts im Vergleich zu den Leistungen einiger vitalistischer Schriftsteller. Z. B. fürchtet H. Driesch seine Leser zu beleidigen, wenn er auf „die Prätensionen der längst widerlegten sogenannten Darwinischen Theorie“ näher eingehen wollte. Nach einem Zitat bei Kellog hat er sogar von Gehirnerweichung (*softening of the brains*) der Darwinisten gesprochen.

¹⁾ Nicht nur mit der Mimikry, auch mit den Argumenten Weismanns gegen die „Erblichkeit erworbener Eigenschaften“ hat man sich im lamarckistischen Lager viel zu leicht abgefunden. Man treibt auch da eine Vogel-Strauß-Politik. Die ganze Daseinsmöglichkeit des Lamarckismus beruht eben darauf, daß seine Vertreter Binden vor den Augen tragen — gleich der Göttin der Gerechtigkeit, mit der sie sonst keinerlei Ähnlichkeit haben. (Dieser Vorwurf kann nicht zurückgegeben werden, denn Johannsen und Bateson haben noch neuerdings dem lamarckistischen Grundgedanken eingehend gewürdigt.

sehen Scheinerklärungen uns etwas vorzumachen: Die Hauptsache bleibt noch zu tun.

Immerhin ergibt sich noch einiges mehr.

Wenn die Entstehung so feiner und so zusammengesetzter Anpassungen, unter Ausschluß aller anderen Erklärungsversuche, als Selektionswirkung aufzufassen ist, so wird eine verschiedenartige Beurteilung anderer Anpassungszustände nicht ohne sehr gute Gründe anzunehmen sein — besonders dann, wenn uns zugleich ein *Sacrificium intellectus* zugemutet wird, wenn man die Forderung an uns stellt, nie überwundene begriffliche Schwierigkeiten in den Kauf zu nehmen (Erblichkeit erworbener Eigenschaften).

Experimente, die so und auch anders gedeutet werden können, genügen hier bei weitem nicht.

Ferner ergibt sich noch, daß es hauptsächlich unbedeutende Mutationen gewesen sein müssen, durch deren langsame Summierung, unter der Regulationswirkung der natürlichen Auslese, der heutige Zustand allmählich herbeigeführt wurde. Nur so läßt sich ja der hohe Grad von Ähnlichkeit zwischen einigen Mimetikern und ihren Modellen verstehen. Darwin hatte also in der Hauptsache ganz recht damit, daß er seinen *sports* oder *single variations* eine größere stammesgeschichtliche Bedeutung nicht beilegen wollte. Daß es sich in der Hauptsache so verhalten muß, folgt eigentlich schon daraus, daß die kleinen Sprünge sicher ungemein viel häufiger sind als die großen. Immerhin sind an der Umbildung der Lebewesen auch größere Sprünge beteiligt. Unter Kulturformen können Mutanten, die nur in einem Merkmal von der Stammart wesentlich abweichen, sehr auffällig sein (Blutbuche, Trauerweide usw.), und zuweilen müssen recht radikale Änderungen auch in der Natur aufgetreten und erhaltungsfähig gewesen sein (habituelle Parthenogenese usw., proliferierende Farn, Brutzwiebeln statt der Blüten in Köpfchen von *Allium*-arten, Vierhornantilope). So ist es wohl zu verstehen, daß *Papilio daunus* in den Südstaaten der Union ein mimetisches Weibchen bilden konnte: Es trat eine sprunghafte Verdunkelung der gesamten Flügelfläche ein, wie sie auch bei unserem Schwalbenschwanz als große Seltenheit vorkommt (*Pap. machaon ab. niger*). Bei *Perrhybris pyrrha* ♀¹⁾ und Verwandten muß zuerst die gelbrote Grundfarbe der Flügel (statt weiß) erschienen sein, womit dann die Möglichkeit einer Verwechselung und somit der Ausgangspunkt für die feinere mimetische Umbildung gegeben war, deren Ergebnis heute vorliegt. Das ist durchaus nicht unwahrscheinlich, denn gerade unter Weißlingen ist diese Art von Unterschied der Geschlechter sehr verbreitet. Man darf sich die Sache also nicht so vorstellen, daß etwa das heutige Aussehen des ♂ einen Durchgangspunkt gebildet haben könnte. In diesem ♂ kommen

nur einige der Entwicklungsanlagen, die in den Phänotypus (das Erscheinungsgepräge) des ♀ vollständig eingehen, ebenfalls zum Ausdruck. Einen Schutz erlangt das ♂ dadurch nicht, da es die jede Verwechselung ausschließende weiße Grundfarbe behalten hat.

Ein anderes Beispiel, in dem eine sprunghafte Änderung wahrscheinlich ist, hat man in gewissen mehr oder minder rotgefärbten Weibchenformen des polymorphen *Papilio merope* (*dardanus*). Diese unterscheiden sich nämlich von dem gegenwärtig normalen (weißen) ♀ *hippocoon* wesentlich nur in der Färbung, also, ähnlich wie manche Kulturformen von ihren Stammformen, nur in einem Merkmal.

Mit dem Vorgetragenen ist nicht gesagt, daß die Mimikrytheorie so, wie sie heute vorliegt, schon befriedigend wäre. Zwar daß die Theorie im konkreten Falle meistens nur eine unbestimmte Vorstellung des Hergangs vermitteln kann, und daß so manches unverständlich bleiben muß, das darf man ihr nicht zum Vorwurf machen, da eben die historischen Daten nicht da sind. Jede phylogenetische Theorie muß diesen Mangel haben. Es gibt aber in der Mimikrytheorie auch grundsätzliche Schwierigkeiten. Es scheint noch irgendetwas Wesentliches zu fehlen, und davon müssen wir nun ebenfalls noch sprechen.

Nicht recht verständlich ist, wie sich, unter Schmetterlingen, auch die Nachahmer auf eine bestimmte Weise im System verteilen. Unter den Grypocera fehlen Nachahmer anderer Insekten anscheinend ganz, und man kann das nicht dadurch erklären, daß diese Falter besonders gute Flieger sind: Die Papilioniden, die Castnien, die viele Nachahmer geliefert haben, und die *Charaxes* sind gute Flieger. Sodann drängen sich die Mimetiker in bestimmten Gattungen zusammen, derart, daß innerhalb derselben Gattung, ja innerhalb derselben Art, öfter Modelle kopiert werden, die sehr verschieden aussehen und zuweilen auch verschiedenen Gattungen und selbst Familien angehören (*Papilio*, *Cosmodesmus*, *Dis-morphia*, *Heliconius*, *Phyciodes*, *Hypolimnas*, *Pseudacraea*, *Elymnias*, *Castnia*, *Pericopis* u. a.). Man darf wohl annehmen, daß zur Einleitung einer mimetischen Abhängigkeit eine besondere Plastizität der Organisation gehört, die nicht gleichmäßig verteilt zu sein braucht. Aber eine unmittelbare Begründung hierfür fehlt. Ähnlich kann man vielleicht die Frage zu beantworten suchen, warum die großen Aristolochienfalter der früher so genannten Gattung *Ornithoptera* gar keine Nachahmer haben. Diese bilden offenbar eine ganz moderne Gruppe, und sie haben vielleicht ihre heutige Größe und ihr sonstiges Aussehen zu schnell erreicht, als daß andere Falter als Nachahmer ihnen hätten folgen können. Doch ist auch das nur Vermutung. Gegenüber einer anderen Schwierigkeit scheint sich aber nicht einmal eine plausible Vermutung darzubieten.

¹⁾ Abbildungen beider Geschlechter bei Haase, Tafel XII.

Es ist längst aufgefallen, daß bei Geschlechtsdimorphismus da, wo beide Geschlechter dasselbe Modell haben, die Weibchen die besseren Nachahmer zu sein pflegen¹⁾, und daß es niemals vorkommt, daß nur das Männchen eine geschützte Art kopiert, während der umgekehrte Fall ganz gewöhnlich ist²⁾.

Man hat sich das damit zu erklären gesucht, daß die schwereren Weibchen, bei meistens längerem Raupendasein, eben als Raupen größeren Gefahren ausgesetzt werden, also wohl oft seltener sein müssen als die Männchen, und daß sie durch ihren schwerfälligeren Flug und besonders bei dem Ablegen ihrer Eier gefährdet sind. Ferner hat man darauf hingewiesen, daß ein Männchen öfter mehrere Weibchen begattet, so daß überhaupt das Weibchen für die Erhaltung der Art wichtiger ist. Aus diesen Voraussetzungen, deren letzte übrigens bei Tagfaltern kaum immer zutreffen dürfte, kann man aber meines Erachtens höchstens schließen, daß das Weibchen gewöhnlich zuerst zum mimetischen Zustand übergehen und auch häufiger als leiniger Nachahmer auftreten wird als das Männchen. Denn sehr oft führen die Geschlechter eine ganz verschiedene Lebensweise, derart, daß sie sich den meisten Verfolgungen gegenüber geradezu wie verschiedene Arten verhalten müssen. Man kann also eine Regel erwarten, nicht aber ein ausnahmsloses Gesetz.

Machen wir nun ein kleines psychologisches Gedankenexperiment! Stellen wir uns vor, es wären die Männchen die besseren und bei Geschlechtsdimorphismus sogar die alleinigen Nachahmer! Wie würde man dann argumentiert haben? Ohne jeden Zweifel wie folgt:

„Wie die Kataloge der Händler es zeigen, führen bei zahllosen Schmetterlingen die Weibchen eine verborgene Lebensweise. Kennt man sie doch selbst bei einigen häufigen Arten überhaupt noch nicht, während die Männchen viel herumflattern, Blumen oder Baumsäfte oder faulende Früchte oder Raubtierkot aufsuchen oder massenhaft an Bachufern Wasser schlürfen. Folglich sind die Männchen viel mehr Nachstellungen ausgesetzt. Und außerdem ist überall das männliche das *progressive Geschlecht*. Also können die Männchen leichter zu Mimetikern werden, und nur sie allein werden einen unmittelbaren Anstoß dazu erhalten.“

Mir scheint die eine Art der Argumentation nicht überzeugender zu sein als die andere. Die zweite aber ist sicher nicht haltbar, da ihr Ergebnis zu den Tatsachen nicht stimmt. Insbeson-

dere gilt ja: *Wo bei Schmetterlingen Geschlechtsdimorphismus mit Mimikry zusammentrifft, da ist so gut wie überall¹⁾ das weibliche das progressive, nämlich das stärker umgebildete Geschlecht. Und immer sind dann mindestens die Weibchen (oder bei Polymorphismus ein Teil der Weibchen) mimetisch.*

Unter diesen Umständen muß unser Vertrauen in die zuerst vorgetragene Überlegung stark erschüttert werden. Besser scheint es mir, zu bekennen, daß da noch ein wesentlicher Punkt der Aufklärung harrt, die wohl nur von weiteren Beobachtungen in tropischen Ländern erhofft werden darf.

Und nun noch einige Worte über die geologischen Zeiträume!

Herr de Vries hat noch ganz neuerdings eine Reihe älterer Schätzungen zusammengestellt, und er faßt ihr Ergebnis dahin zusammen, daß man der Wahrheit „offenbar“ am nächsten kommt, wenn man das Alter der Erde auf etwa vierzig Millionen Jahre schätzt²⁾. Alter der Erde heißt die Zeit, die seit Beginn des organischen Lebens verstrichen ist. Ist das richtig, so ergeben sich große Schwierigkeiten und besonders auch für die Selektionstheorie sehr bedenkliche Folgerungen — scheint uns doch schon der Minutenzeiger der Weltuhr völlig still zu stehen. Indessen hat diese schwierige Frage seit einiger Zeit ein ganz neues Gesicht bekommen. Gerade die erste und ihrer Zeit beste jener Schätzungen, eine von Lord Kelvin herrührende Berechnung, hat man nach Entdeckung des Radiums völlig aufgeben müssen. Die übrigen aber leiden nicht nur an ungeheuren Fehlerquellen, sondern auch an dem weit schlimmeren Mangel, daß jede Möglichkeit einer Schätzung der sicher vorhandenen Irrtümer fehlt.

Viel Besseres leisten die physikalischen Methoden, die auf der Untersuchung der radioaktiven Körper beruhen. Auch sie haben zwar noch keine befriedigende geologische Zeitskala geliefert, aber man ist doch auf dem besten Wege dazu. Jedenfalls lassen sich bei ihnen die Fehler in Grenzen einschließen. J. Königsberger schätzt die Möglichkeit des Irrtums auf 50 %. Die Zahlen aber, zu denen man auf solchem Wege kommt, haben eine ganz andere Größenordnung. Schon das Alter der ältesten fossilführenden Schichten zählt nach Hunderten von Millionen Jahren³⁾. Bedenkt man nun, daß darin sich bereits (u. a.) der Abdruck einer Meduse findet, so wird man Milliarden von Jahren an Stelle jener vierzig Millionen setzen müssen.

¹⁾ Abgesehen von *Trichura*-arten, von denen schon die Rede war, und übrigens nicht immer in jedem Merkmal (Schwänze des ♀ von *Pap. mayo* usw.).

²⁾ Naturwissenschaften 1916, S. 595. Namhafte Geophysiker haben sehr viel größere Zahlen angenommen. Vgl. Arrhenius, Lehrbuch der Kosmischen Physik (1903) I, S. 285—288.

³⁾ Siehe R. W. Lawson, Über absolute Zeitmessung in der Geologie auf Grund der radioaktiven Erscheinungen. Naturwissenschaften 1917, S. 429, 452.

¹⁾ Der einzige mir bekannte gesicherte Ausnahmefall wird von jenen *Trichura*-arten gebildet, deren Männchen durch einen Chitinanhang an ihrem Körper den Stachel von *Pepsiswespen* kopieren, denen sie auch sonst gleichen.

²⁾ Den einzigen mir bekannten Fall, der eine Ausnahme von dieser Regel zu bilden scheint, halte ich für irrtümlich gedeutet. Siehe das oben über *Cethosia cyane* ♂ Gesagte.

Von den mimetischen Umgestaltungen müssen manche schon sehr frühzeitig, wohl schon im Mesozoikum, eingesetzt haben, lange ehe die Modelle das wurden, was sie heute sind. Bleiben wir indessen im Tertiär, und nehmen wir für die dann verfügbare Zeit rund zehn Millionen Jahre an (an Stelle von fünfundzwanzig Millionen, die für das Eozän angegeben werden). Lassen wir sodann die anzunehmenden Änderungen in tausend Schritten erfolgen, so kann jeder einzelne von diesen so klein sein, daß er auch für die schärfste Beobachtung völlig verschwindet, und nur einmal in zehntausend Jahren braucht so ein Schritt getan zu werden. Zur Aустilgung ungünstiger Mutanten und Kombinantanten aber stehen Hunderttausende von Jahren zur Verfügung. Diese einfache Überlegung genügt, um das nachzuweisen, worauf es hier ankommt:

Alle Einwendungen gegen die Selektionstheorie, die sich auf die geologische Zeitmessung zu stützen suchen, oder sehr geringfügigen Unterschieden den „Selektionswert“ absprechen, oder mit dem Fehlen eines direkten Nachweises der Selektionswirkung arbeiten, sind vollkommen illusorisch.

Der „gesunde Menschenverstand“, der diese Art von Einwendungen macht, wird immer ein schlechter Führer sein, wenn es sich um Dinge handelt, die in der gemeinen Erfahrung keine engeren Analoga haben. Daß aber auch der wissenschaftlichen Erfahrung vieler die großen Zahlen und die Summation kleinster Wirkungen nicht sonderlich geläufig sind, dürfte neben ungenügender Wertschätzung der spekulativen Seite der Wissenschaft und irriger Beurteilung des deduktiven Denkverfahrens einer der Gründe für die Abneigung sein, der die Selektionstheorie auch bei sonst vorurteilslosen Köpfen begegnet.

Messungen der durchdringenden Strahlung während der Sonnenfinsternis vom 21. August 1914¹⁾.

Von Dr. Werner Kolhörster, Cottbus.

Rutherford und Cooke, Mc. Lennan und Burton hatten gleichzeitig das Vorhandensein einer durchdringenden Strahlung am Boden festgestellt. Weitere Untersuchungen, hauptsächlich von englischer und amerikanischer Seite unternommen (Wood, Patterson, Strutt, Eve, Jaffé, Mc. Clelland, Campbell, Borgmann, Strong, Mc. Keon, Mc. Intosh, Mache und Rimmer,

¹⁾ Vor einiger Zeit erschien hier ein Aufsatz von P. Ludwig (diese Zeitschrift 6, 89 und 101, 1913). Die Arbeit hätte eine Ergänzung und Berichtigung erfordert, wenn nicht aus ihr klar hervorgegangen wäre, daß der Verfasser zu den neueren Problemen über durchdringende Strahlung nur sehr einseitig Stellung genommen hat. Es sei mir daher bei dieser Gelegenheit gestattet, die Entwicklung einer speziellen Frage aus diesem Gebiet einleitend etwas ausführlicher darzustellen.

Cline), führten mit wenigen Ausnahmen zu dem Ergebnis, daß eine tägliche Periode der durchdringenden Strahlung im Zusammenhang mit dem Sonnenstand existiere, wodurch die Frage nach deren Ursprung von Richardson sogleich in dem Sinne beantwortet wurde, daß die Sonne die Quelle der Strahlung sei. Im Zusammenhang mit den neueren Untersuchungen über Nordlichter (Arrhenius, Lenard, Störmer, Vegard) hatte eine derartige Annahme wohl kaum etwas Befremdendes, nur erbrachten die weiteren Untersuchungen (Mc. Lennan, Kurz, Wulf, Eve, Bergwitz) den unzweifelhaften Beweis, daß der Hauptanteil der Strahlung an der Erdoberfläche von einer dünnen Bodenschicht herrührt, deren Mächtigkeit 1 m kaum überschreiten kann. Zu ähnlichen Ergebnissen — der Hauptanteil der Strahlung kommt aus den ersten 20 cm des Bodens — gelangte rechnerisch auch King, während Strong im Gegensatz dazu den radioaktiven Substanzen der Luft überwiegenden Einfluß beimessen zu sollen glaubte. Inzwischen war der von Wulf konstruierte Apparat allgemein in Anwendung gekommen, zumal er sich für Abschirmversuche, also Trennung einzelner Komponenten der Strahlung, wie z. B. der Eigenstrahlung¹⁾, durch Messung über und im Wasser, als sehr geeignet erwies. Man unterschied also bereits zwischen der Eigenstrahlung, der Erd- und der Luftstrahlung, deren Gesamtheit den beobachteten Ionisationseffekt in geschlossenen, dickwandigen Kondensatoren bei Messungen über Land hervorrufen sollte. Die Differenz der Ionisationsstärke über festem Lande und ausgedehnten Wasseroberflächen wurde der Erdstrahlung, über und unter Wasser der Luftstrahlung zugeschrieben, während der Rest bei Abschirmung im Wasser als Eigenstrahlung ausgesprochen wurde.

Diese so äußerst feinen Messungen können natürlich durch alle möglichen Umstände beeinflusst werden. Man fand ganz unerklärliche, plötzliche Schwankungen der Ionisation und neigte deshalb wieder zu der Annahme, daß hier noch eine andere Strahlungsquelle wirksam sei. Paccini beobachtete simultane Schwankungen in seinen beiden Apparaten, während der eine über Land, der andere über Wasser sich befand, bei ersterem also die Erdstrahlung abgeschirmt war. In diesen Schwankungen glaubte er zumindest eine Andeutung für eine außerirdische, neue Strahlungskomponente gefunden zu haben. Heute wissen wir, daß solche

¹⁾ Unter *Eigenstrahlung* sei die gesamte Ionisation verstanden, die im Kondensator von der Aktivität der Wandungen, der Füllluft usw. hervorgerufen wird; mit *Erdstrahlung* werde die Wirkung aller aktiven Substanzen bezeichnet, die sich im oder direkt auf dem Erdboden befinden. Die *Luftstrahlung* wird von den Radiosubstanzen der Luft ausgesandt, und die *Höhenstrahlung* ist die durch die Ballonfahrten entdeckte neue Strahlungskomponente unbekannten Ursprungs.

Schwankungen vielfach auf Instrumentfehlern und dergleichen beruhen. Aber er deutete auch die Differenz der Ionisierungsstärke über und im Wasser als Wirkung dieser neuen Strahlungskomponente; die Diskrepanz seiner Beobachtungen (2,2, 2,1, daneben auch 0,0 Ionen Differenz) störte ihn dabei nicht.

Wenn also der Hauptanteil der Strahlung vom Boden herrührte, so mußte infolge der Absorption in der Luft die Ionisierungsstärke mit Erhebung über dem Boden abnehmen. Messungen auf Türmen in 300, 85 und 64 m Höhe (*Wulf, Bergwitz, Mc. Lennan und Macallum*) ergaben zwar eine Verminderung, aber nicht den für diese erwarteten Betrag. Nur *Bergwitz* fand die für 85 m Höhe dem Absorptionskoeffizienten entsprechende Abnahme um 50 %, später nur noch 35 %. Er beobachtete aber mit einem großen Ionisationsgefäß von nur 1 mm Wandstärke.

Da in 700 m Höhe fast die gesamte Erdstrahlung durch die Luft absorbiert sein muß, so zog man den Freiballon zu den weiteren Untersuchungen heran. *Gockel*, der zunächst derartige Beobachtungen anstellte, bezeichnete selbst seine auf der ersten Ballonfahrt erhaltenen Werte als „nicht ganz einwandfrei“. Auf den beiden folgenden Fahrten war der Wulfsche Apparat nicht geschlossen, und der bei der dritten Fahrt mitgenommene geschlossene Kontrollapparat wurde undicht. Trotz solcher Ergebnisse wies er darauf hin, daß eine geringe Zunahme der Strahlung in etwas größeren Höhen eintrete, wenn man die Dichtigkeitsabnahme des ionisierten Luftvolumens berücksichtigt. Auch *Bergwitz* hatte auf seiner Ballonfahrt ähnliches Mißgeschick wie *Gockel*. Erst *Heß* gelang es, auf einer größeren Anzahl von Fahrten die geringe Abnahme und den darauf folgenden Anstieg bei 2, zeitweilig 3 Wulfapparaten gleichzeitig festzustellen. Wenn man aber die Konstruktion dieser Apparate recht betrachtet, die für Messungen unter derartig erschwerten Bedingungen, wie sie Ballonfahrten bieten, gar nicht gebaut sind, so waren gewichtige Bedenken gegen seine Ergebnisse nicht von der Hand zu weisen. Diese veranlaßten mich, zunächst den Wulfschen Apparat entsprechend den Bedürfnissen bei Ballonfahrten umzubauen, mit so erzielter einwandfreierer Apparatur die Messungen zu wiederholen und sie besonders in größeren Höhen wegen der dort wahrscheinlich stärkeren Intensität der neuen Strahlungskomponente fortzusetzen. Die Ergebnisse haben wider Erwarten die Heßschen Beobachtungen bestätigt und darüber hinaus (5000 bis 9400 m) die außerordentliche Zunahme der Strahlung in jenen Höhen ergeben, so daß damit endgültig das Vorhandensein einer vierten Komponente, der Höhenstrahlung, bewiesen werden konnte.

Auf Grund meiner Messungen im Ballon habe ich dann weiter rechnerisch die Wirkung der Höhenstrahlung am Boden bestimmt, ihren Betrag gleich der Ionendifferenz bei Messungen über

und im Wasser unter Berücksichtigung der Luftstrahlung gefunden und diese Differenz mit ganz anderer Berechtigung, als es *Paccini* getan, für die Wirkung der Höhenstrahlung in Anspruch genommen. Ebenso konnte ich aus meinen Ergebnissen den Absorptionskoeffizienten der Strahlung in Luft berechnen und damit zeigen, daß die zur Abschirmung verwendeten meist üblichen Wasserschichten von etwa 3 bis 4 m Dicke noch über 10 % der Strahlung durchlassen. Nachdem ich sodann die Bedeutung derartiger Messungen auch auf Hochstationen und Bergobservatorien wegen der dort schon viel stärkeren Strahlung betont und diesbezügliche Vorschläge gemacht hatte, kam ich des Krieges wegen nicht zur Durchführung solcher Beobachtungen, jedoch konnten *Gockel* sowie *Heß* und *Kofler* inzwischen durch Messungen im Hochgebirge derartige Versuche ausführen und meine früheren Ergebnisse bestätigen. Am Boden, wo die Ionisierungsstärke der Höhenstrahlung nur 1–2 Ionen $\text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$ beträgt, haben die Beobachtungen weniger Aussicht auf Erfolg, weil Schwankungen, wenn sie nicht sehr große Beträge erreichen, kaum zur Geltung gelangen, besonders wenn man bedenkt, daß die gesamte Ionisation im Mittel schon etwa 10 Ionen $\text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$ ausmacht und die Fehlergrenze kaum unter 0,5 Ionen $\text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$ herabgedrückt werden kann. Unter diesen Gesichtspunkten hatte ich auch das Ergebnis der Simultanmessungen gleich nach ihrem Bekanntwerden als nicht zwingend ablehnen können, eine Ansicht, die *Gockel* später ebenfalls aussprach¹⁾.

Die Frage nach dem Ursprung der Höhenstrahlung blieb also noch offen. Wenn die Sonne als ihre Quelle in Betracht kommen sollte, so hätte eine Nachthochfahrt wohl die schnellste Entscheidung bringen können. Auch ganztägige Registrierungen hätten einen Unterschied in den Nacht- und Tagwerten ergeben müssen. Derartige Beobachtungen sind aber erst während des Krieges gemacht und veröffentlicht worden. Sie zeigten, wie gleich hier angeführt werden soll, keinen Unterschied der Nacht- und Tagwerte, weder in 120 m Seehöhe (*W. Kolhörster*), noch in 2000 m (*Heß* und *Kofler*), noch in 3200 m (*Gockel, Meyer*). Schließlich hätten sich auch wohl bei einer Sonnenfinsternis wenigstens Andeutungen ergeben müssen. Da eine solche für den 21. August 1914 vorausgesagt war, wurden entsprechende Vorbereitungen getroffen.

Eine Hamburger Expedition sollte in der Zone der Totalität astronomische und meteorologisch-optische Untersuchungen ausführen und wählte dazu die Krim. Herr *Jensen*, der daran teilnahm, wollte dort Registrierungen der durchdringenden Strahlung vornehmen. Ich hatte einen größeren Apparat, der den Vorteil

¹⁾ Man vergleiche hierzu die Arbeit *Gockels* in der Phys. Zt. 16, 345, 1915 mit meiner 1914 erschienenen Abhandlung *W. Kolhörster*, Abh. der Naturforsch. Ges. zu Halle a. S., Neue Folge Nr. 4, Halle 1914.

höherer Empfindlichkeit gegenüber dem Wulfschen Instrument bietet, für diese Registrierungen konstruiert, der in der Werkstatt des Hamburger physikalischen Staatslaboratoriums gebaut worden war. Ein großer, dickwandiger Zinkzylinder ist horizontal und isoliert gelagert. Die Innenelektrode verläuft achsial und ist mit einem Wulfschen Einfadenregistrier-elektrometer verbunden. Es wird die Aufladung beobachtet, also die Zylinderwand an Spannung gelegt, im Gegensatz zu den größeren Registrierapparaten, die sich *Gockel* und *Bergwitz* vor einiger Zeit zusammengestellt haben. Die Apparatur war bereits nach der Krim unterwegs, als der Kriegsausbruch ihre Verwendung unmöglich machte.

Dagegen konnte ich noch mit meinen beiden Strahlungsapparaten I und III in Charlottenburg die Beobachtungen ausführen. In der Literatur liegt eine Mitteilung von *M. de Broglie* (C. R. 154, 1654, 1912) über derartige Messungen bei der Sonnenfinsternis vom 17. April 1912 vor. Er beobachtete mit einem großen eisernen Ionisationszylinder, dessen Ionisierungsstärke von 12 Ionen $\text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$ aber so groß war, daß seine Schlüsse insofern nicht überzeugend sein konnten, als im Gegensatz zu dieser hohen Eigenstrahlung eine Änderung der Höhenstrahlung im Höchstbetrage von 2 Ionen $\text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$ kaum zur Geltung gekommen wäre. Meine beiden Apparate zeigten eine durchschnittliche Gesamt-ionisation von 15,0 bzw. 7,2 Ionen $\text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$, und es hätten sich wohl, falls eine Verminderung der Strahlen entsprechend der Sonnenbedeckung eintreten sollte, zumindest Andeutungen ergeben können. Auf dem flachen Dache eines der Gebäude der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wurden beide Apparate dicht nebeneinander, gegen direkte Sonnenstrahlung durch einen größeren Schirm geschützt, aufgestellt, die Temperaturen durch Thermometer kontrolliert und zur Erzielung möglicher Genauigkeit minutenweise abgelesen, in derselben Weise, wie ich es auch auf Ballonfahrten getan habe. Aus diesen einzelnen Ablesungen sind dann die Differenzen über eine, über 5 und 10 Minuten gebildet und diese mit den gleichzeitigen Messungen der Vortage verglichen worden. Es wurde am 18. und 19. sowie am 21. August in der Zeit von 11^a bis 4^p beobachtet. Am 22. konnte wegen dauernden Regens nicht mehr gemessen werden. Infolge des negativen Ergebnisses erschien eine solche Beobachtung auch kaum mehr nötig. Eine Verminderung der Ionisierungsstärke während der Sonnenfinsternis ließ sich nicht mit Sicherheit feststellen. Beide Apparate ergaben an den Vergleichstagen gute Übereinstimmung im Gange. Am Tage der Sonnenfinsternis war dies weniger der Fall und trat leider zur Zeit des Maximums der Bedeckung (1^p. 20) besonders hervor. Apparat I zeigte eine Abnahme der Ionisierungsstärke bis etwa zu die-

ser Zeit und darauf wiedererfolgenden Anstieg. Im Mittel eine Schwankung von 0,6 Ionen $\text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$. Beim Strahler III betrug diese ungefähr 0,5 Ionen; die Schwankung trat aber im entgegengesetzten Sinne auf, d. h. es zeigte sich ein Anwachsen der Ionenzahl um diesen Betrag bis zum Maximum der Finsternis. Die Temperatur schwankte zwischen 24,2° und 22,2°. Es ist also unwahrscheinlich, daß sie irgendwelchen störenden Einfluß ausgeübt haben könnte. Ebenfalls war kein Gang zwischen dieser und der Ionisierungsstärke in beiden Apparaten zu erkennen. Apparat I war wie immer im Filzmantel. Apparat III völlig frei. Irgend ein Einfluß der Filzhüllung hätte sich, wenn vorhanden, schon früher und an den Vortagen zeigen müssen.

Entsprechend den sonstigen bei der Beobachtung auftretenden Fehlern ist mit einer Meßgenauigkeit von etwa 5 % zu rechnen. Diese bedeuten bei einer Gesamtionisation von 15,0 und 7,2 0,7 bzw. 0,4 Ionen $\text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$. Die Abweichungen fallen also, wenn sie trotz ihres entgegengesetzten Ganges bewertet werden sollen, in die Fehlergrenze. Daraus kann man nur schließen, daß die durchdringende Strahlung während der Sonnenfinsternis bis auf diese Größe konstant blieb, also auch die Höhenstrahlung, mit anderen Worten, daß sich eine Einwirkung der Sonnenstrahlung bis auf diese Größe nicht bemerkbar gemacht hat. Es ist daher wenig wahrscheinlich, daß die Sonne als die direkte Quelle jener noch unbekannten Strahlungskomponente, der Höhenstrahlung, angesprochen werden kann, wenn man voraussetzt, daß die Strahlung schon auf der Sonne entsteht und nicht erst unter dem Einfluß irgendwelcher anderen Strahlen der Sonne in den oberen Schichten der Atmosphäre erzeugt wird. Zu demselben Ergebnis hatten *Heß* die von ihm unternommenen Nachtfahrten geführt. Auf Grund meiner Ballonbeobachtungen gelangte *r. Schweidler* rechnerisch zu demselben Resultat. Er zeigte, daß die Sonne eine unwahrscheinlich hohe Aktivität besitzen müßte, um eine derartige Strahlung hervorzubringen. Die Dauerbeobachtungen von *Heß* und *Kofler* auf dem Obir sowie eine während des Krieges von mir in Waniköi über 1½ Jahr durchgeführte Messungsreihe, auf die ich schon im vorhergehenden hinwies, haben weder in 2000 m, noch in 120 m Seehöhe einen Unterschied der Ionisation während des Tages und in der Nacht erkennen lassen. Sie führen also zu demselben Schluß, daß die Sonne als direkte Quelle der Strahlung nicht anzusehen ist.

Allerdings ist es möglich, daß die Verhältnisse doch noch etwas anders liegen, als bisher angenommen. Nicht die radioaktiven Substanzen der Sonne, sondern die überaus starke Elektronenemission des weißglühenden Sonnenballes könnte die Strahlung in den obersten Luftschichten der Erdatmosphäre erzeugen. Indem die Elektronen in diese eindringen, können sie dort

neben allen andern Strahlen auch sehr harte γ -Strahlen auslösen. Nun werden bekanntlich diese Strahlenemissionen unter dem Einfluß des magnetischen Feldes der Erde in gekrümmte Bahnen um die magnetischen Pole abgelenkt, also an verschiedenen Stellen die Luftschichten in verschiedener Intensität erreichen. Es müßte sich daher, falls eine solche Erklärung zutreffen sollte, eine Abhängigkeit der Höhenstrahlung von der geographischen Breite, genauer von der Lage der Isochasmen, der Linien gleicher Nordlichthäufigkeit, bemerkbar machen. Auch müßten entsprechend der Häufigkeit des Auftretens der Nordlichter periodische Wechsel der Intensität der Höhenstrahlung sich zeigen (tägliche und 26-tägige, jährliche und 11-jährige Periode). Unter einer solchen Voraussetzung werden die Unterschiede zwischen den Tag- und Nachtwerten der Ionisierungsstärke dann geringer ausfallen. Ebenso dürfte sich der Einfluß einer Sonnenbedeckung dann viel weniger bemerkbar machen, weil eine Abschirmung der Elektronen auf ihrer gekrümmten Bahn nunmehr nicht in dem Maße eintreten kann, als wenn sie geradlinig verlaufen.

Dauerregistrierungen auf Bergobservatorien und im Polargebiet, vor allem unter möglichstem Ausschluß der Erdstrahlung, Abschirmversuche an vielen Orten der Erde und weitere Hochfahrten bei Tage und Nacht können die hier behandelte Frage nach dem Ursprung der Höhenstrahlung erst endgültig entscheiden.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes.

Es ist eine altbekannte Tatsache, daß wir den Himmel nicht als Halbkugel sehen, sondern als flache Kuppel nach Art der Fig. 1.

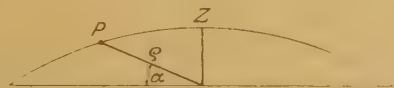


Fig. 1.

Versuchen wir mit dem ausgestreckten Arm den Punkt P anzugeben, den wir am Himmelsbogen gleich weit vom Horizont wie vom Zenith entfernt sehen, so erheben wir den Arm nicht etwa um 45° über die Horizontale, sondern nur etwa 20 bis 30° . Man findet nur geringe Unterschiede dieses „Halbierungswinkels“ α_2 , ob man diese Beobachtungen am blauen oder am wolkenbedeckten Himmel ausführt.

Da es sich in beiden Fällen um ganz verschiedene physikalische Bedingungen handelt, die Helligkeit z. B. beim bedeckten Himmel vom Zenith zum Horizont, beim blauen Himmel jedoch in umgekehrter Richtung abnimmt, so spricht dies von vornherein für die Wahrscheinlichkeit einer psychologischen Erklärung der Himmelsform, obwohl gerade in letzter Zeit wieder physikalische Deutungen versucht sind. So haben

z. B. Dember und Uibel¹⁾ mit ausgedehnten Messungen zu zeigen versucht, daß in Fig. 1 die Länge der Fahrstrahlen ρ unter verschiedenen Erhebungswinkeln α einfach der Wurzel aus der Helligkeit in Richtung α proportional ist.

Die psychologischen Erklärungsversuche nehmen meist an, es handle sich um eine Überschätzung der Entfernung in horizontaler Richtung, weil unser Blick in dieser an zahlreichen Gegenständen vorbeistreift. Seltsamerweise ist aber meines Wissens noch nie der Versuch gemacht, die Bevorzugung der Horizontalen dadurch auszuschalten, daß man dem Auge Gelegenheit gibt, auch in vertikaler Richtung auf lange Strecken hin an Gegenständen entlang zu sehen.

Die Türme unserer funkentelegraphischen Großstationen geben ein einfaches Mittel, diesen Versuch anzustellen und Tabelle 1 zeigt einige Messungen des

Tabelle 1.

Beobachter	Beruf	Winkel für die vom Fuß des 250 m hohen Turmes aus geschätzte Halbierung des Himmelsbogens (18. Juni 1918)						Mittelwert
N.	Kaufmann	54	45	50	47	52	50	50°
M. W.	Physiker	49	46	50	49	51	53	50°
K.	Monteur	54	50	49	47	48	—	49°
H.	Maschinist	46	47	50	48	—	—	48°
H. E.	Admiral	46	45	48	45	—	—	46°
R. P.	Physiker	50	51	55	54	57	—	53°
								49°

Halbierungswinkels α_2 , die eine Reihe von Beobachtern erhielten, als sie mit dem Rücken am Fuße des 250 m hohen Turmes der Großstation Eilvese standen.

Der Halbierungspunkt liegt im Mittel bei etwa 49° . Die Messungen sind in ganz primitiver Weise mit einem Stock und einem Teilkreis aus Celluloid gewonnen worden. Im Anschluß an diese Messungen wurden die Beobachter aufgefordert, in einigen Kilometern Abstand von der Funken-Station, die gleichen Versuche, den Himmelsbogen zu halbieren, auszuführen. Die Messungen folgen in Tabelle 2 und geben im

Tabelle 2.

Beobachter	Beruf	Winkel für die von niedrigem Heidehügel geschätzte Halbierung des Himmelsbogens (8. Juni 1918)						Mittelwert
M. W.	Physiker	25	27	26	28	27	—	27°
H.	Maschinist	32	29	32	29	30	32	31°
E. H.	Admiral	26	29	25	27	28	27	27°
R. P.	Physiker	30	29	32	30	30	31	30°
F. O.	Sticker	25	24	25	26	30	28	28°
								28,6°

Mittel den Wert $\alpha_2 = 28,6^\circ$, d. h. eine Zahl, die durch aus mit den üblichen Beobachtungen an der flachgewölbten Himmelskuppel übereinstimmt.

Die Zahl 49° , die also noch über einen halben rechten Winkel hinausgeht, erscheint im ersten Augenblick befremdend, doch kommt sie wohl dadurch zustande, daß der Himmel vom Fuß des Turmes aus betrachtet eine merkliche Abweichung von der Gestalt

¹⁾ Berichte der sächs. Akad. d. Wiss. Math.-Phys. Klasse 69, 391, 1917.

einer Kugelhaube zeigt; ganz roh skizziert etwa nach Art der Fig. 2.

Diese einfachen Versuche sprechen stark dafür, daß es sich bei der Gestalt des Himmelsgewölbes um ein psychologisches Problem handelt, das keiner physikalischen Lösung zugänglich ist.



Fig. 2.

Wer sich für Einzelheiten und weitere Messungen, für die schon wesentlich niedrigere Türme ausreichen, interessiert, sei auf eine demnächst erscheinende Göttinger Dissertation von Frl. H. Stücklen verwiesen.

Göttingen, den 28. April 1919.

R. Pohl.

Das Gesetz der Proportionalität von träger und schwerer Masse.

In Nr. 18 dieses Jahrgangs, S. 329, erwähnt Herr Dr. Pekár (Budapest) in seinem Artikel „Das Gesetz der Proportionalität von Trägheit und Gravität“ die Landolt'schen Untersuchungen über die Konstanz der Massen bei Reaktionen. Pekár schreibt, daß Landolt bei der Reaktion zwischen Silbersulfat und Ferrosulfat eine große Gewichtsänderung beobachtete, die bei den genaueren Versuchen mit der Drehwaage nicht beobachtet werden konnte: es muß also bei den Versuchen von Landolt (und ebenso Heydeweller) irgendein Fehler vorliegen.

Hierzu möchte ich mir folgende Bemerkung erlauben. Landolt hat in der Tat bei seinen ersten Versuchsreihen mit exothermen Reaktionen merkliche Gewichtsabnahmen beobachtet, die auf einem Fehler beruhen: durch die Reaktionswärme dehnte sich das Glasgefäß aus; infolge der thermischen Nachwirkung wurde nach dem Abkühlen das ursprüngliche Volumen nicht sofort wieder angenommen, es blieb zu groß, damit war der Auftrieb zu groß und es resultierten jene scheinbaren Gewichtsabnahmen. Bei anderen (späteren) Reaktionen wurde dieser Fehler vermieden und die Resultate waren (1907):

bei der Umsetzung von 58 g Ag_2SO_4 und
56 g FeSO_4

= 114 g Substanz

a) eine scheinbare Zunahme von 0,003 mg

$$= + \frac{1}{38\,000\,000}$$

b) eine scheinbare Abnahme von 0,008 mg

$$= - \frac{1}{14\,000\,000}$$

Landolt schließt selbst (Abh. d. Preuß. Akad. d. Wissensch. 1910, S. 102), daß bei der Reaktion keine Gewichtsveränderung stattfindet; denn jene Änderungen fallen mit den Wägefehlern zusammen.

Ebenso 1902:

26 g AgNO_3 + 23 g FeSO_4 setzten sich um mit

a) + 0,003 mg Änderung,

b) - 0,003 mg Änderung

$$= \pm \frac{1}{16\,000\,000}$$

Die früher beobachteten Gewichtsabnahmen werden (S. 104) ausdrücklich als nicht zuverlässig hingestellt.

Landolt hat sich also selbst rektifiziert und mit respektabler Genauigkeit (im Mittel $\frac{1}{20\,000\,000}$!) Gewichtskonstanz festgestellt. Das ist Herrn Pekár ausnehmend entgangen.

Braunschweig, den 10. Mai 1919.

W. Roth.

Zoologische Mitteilungen.

Ein neues Geschlechtsmerkmal bei den Fröschen, seine anatomische Grundlage und seine biologische Bedeutung. (R. H. Kahn, in Prag, Zoologischer Anzeiger Bd. 50, Nr. 6/7, 15. April 1919.) Die Sehnen der seitlichen Bauchmuskeln unseres grünen Wasserschnecken, des Grasfrosches und des Laubfrosches bestehen oft aus einem eigentümlichen, fibrillenarmen, zellenreichen Bindegewebe, ausgezeichnet durch Kerne besonderer Größe und Form. In diese Sehnen eingelagert finden sich mächtige Mengen sogenannten elastischen Gewebes, zusammengesetzt teils aus Bündeln langer, dicker, ungeteilter, in der Verlaufsrichtung der Muskelfasern liegender, teils aus Geflechten kurzer, unregelmäßig angeordneter Fasern. Die Verbindung der Sehnen mit den Muskelfasern erfolgt durch dieses Bindegewebe oder durch direkten Kontakt mit den „elastischen Faserbündeln“. Auf diese Weise stellen die Sehnen „breite milchweiße Streifen“ dar, welche stets, acht an der Zahl, die Ansatzlinien der vier seitlichen Bauchmuskeln markieren. Nur an einer einzigen Stelle finden sich bei den Fröschen ausnahmslos Sehnen von der gewöhnlichen Bauart vor, nämlich an der Anheftungslinie der Portio vertebralis des M. transversus an die hintere Fläche des Schlundes. Die Ursprungssehne dieser Portion aber an dem Querfortsatz des IV. Wirbels ist gleichfalls häufig in einen milchweißen Streifen umgewandelt. Diese Sehnen weisen weiterhin eine reichliche Blutversorgung auf und besitzen ein ungemein zierlich angeordnetes Blutgefäßsystem, und — es kommen diese acht weißen und hervorragend dehnbaren Sehnenstreifen ausnahmslos den männlichen Fröschen zu.

Diese Sehnen nun sind an der Erzeugung der Stimme beteiligt. „Während des Quakens der Frösche beobachtet man neben der gleich zu Anfang einsetzenden Dehnung der Sehnen (also Verbreiterung der weißen Sehnenstreifen) bis zu der doppelten Länge ein Oszillieren derselben in raschem Rhythmus. Die Registrierung dieser Erscheinung ergibt eine Kurve, welche zeigt, daß die durch die Bauchmuskelnkontraktion gedehnte Sehne während des reflektorisch ausgelösten Quakens 6—7-mal mit einer Frequenz von etwa 18 Phasen in der Sekunde kürzer und wieder länger wird. Die Registrierung der intraabdominalen Druckverhältnisse während des Quakens zeigt während der Entwicklung des 60—70 mm Wasser betragenden Druckes, welcher die Ursache für die Entleerung der Lungenluft darstellt, 6—7 Druckschwankungen, welche einerseits dem erwähnten Oszillieren der Sehnenlänge, andererseits aber dem Palpitieren der Stimme während des Quakens entsprechen.“ „Das Palpitieren der Froschstimme (βοεξεξεξεξ) hat seine Ursache darin, daß die durch Bauchmuskelnkontraktionen hervorgerufene Luftentleerung aus den Lungensäcken nach Sprengung eines Verschlusses der Atemwege im Kehlkopfe neuerlich, und zwar rhythmisch, am Entweichen verhindert wird. Auf diese Weise erfolgt die Entleerung der Lungen in kurzen, sehr rasch aufeinanderfolgenden Schüben.“

anderfolgenden Stößen.“ Der rhythmische Verschuß entsteht „durch in sehr rascher Folge wechselnde Öffnung und Schließung der Stimmritze.“ „Die stoßweisen Druck- und Volumschwankungen werden von den dehnbaren Sehnen aufgefangen, diese selbst wirken als Puffer und schützen dadurch Lungen und Baueingeweide der männlichen Tiere vor zu unvermittelter Stoßwirkung. Sie spielen also hier gleichsam die Rolle der Kautschukeinlagen bei Gürteln, Miedern und Bandagen“ und hierin liegt die *biologische Bedeutung* der dehnbaren Sehnen als männliches Geschlechtsmerkmal unserer Frösche — und vermutlich auch der stimmgebenden unter den Kröten.

Frißt der Maulwurf Engerlinge? Die populäre Literatur behauptet seit Jahren mit Vorliebe, die wissenschaftliche sekundiert mit einiger Reserve: so entschieden sie auch auf seine Speisekarte an erster Stelle den Regenwurm setzt, so unterläßt sie doch nie, an zweiter Stelle mindestens den Engerling zu nennen. Das ist indessen nach den Erfahrungen des ostpreussischen Forstmeisters i. R. *Schrage* ein schwerer Irrtum (Zeitschrift für Jagd- und Forstwesen 51 Jahrg., 1919, Aprilheft: Aus dem Leben verkannter Tiere, Ein Schwarzer mit dem Glorienschein). Die Lieblingsnahrung des Maulwurfes, das betont *Schrage* (mit *Altum*, *Blasius*, *Brehms Tierleben* von 1879 und *Lenz*), bilden unter allen Umständen Regenwürmer; Maikäferlarven aber frißt er seiner Erfahrung nach nie. Selbst recht hungrige Maulwürfe verschmähen in der Gefangenschaft jeden Engerling und stürzen sich sofort auf jeden dargebotenen Regenwurm. Und das war in Schlesien nicht anders als in Ostpreußen. Immer ergab sich dieses Resultat: „1. An den vom Maikäfer besonders bevorzugten Orten, leichter Sandboden, kann der Maulwurf beim besten Willen dem Engerling nichts anhaben — weil er dort keine Gänge graben kann. 2. An den vom Maulwurf bevorzugten Orten wird man ausnahmslos in erster Linie Regenwürmer antreffen, außerdem natürlich in manchen Fällen auch Engerlinge usw. 3. Die mit dem Maulwurf unternommenen Feldzüge gegen den Engerling in den 60er Jahren vorigen Jahrhunderts sind „im Sande verlaufen“: große Kosten, kein Erfolg! 4. In der Gefangenschaft frißt der Maulwurf mit Wohlbehagen und seltener Vertrautheit Regenwürmer in jeder Menge, dagegen unter Todesverachtung keinen Engerling. 5. In der freien Natur läßt er im eigenen Jagdrevier den Engerling in großer Menge unbeachtet und nährt sich von anderen Geschöpfen, jedenfalls Regenwürmern.“ — Die von *Ludwig Heck* für den neuen *Brehm* herangezogenen Kronzeugen (S. 317 ff.) sind nicht ganz der Meinung *Schrages*, oder hat *Rörig* seine Fütterungsversuche ganz mit Würmern gemacht und nennt Engerlinge nur so nebenher?

Interessant ist noch die Beobachtung, wie der Wurm verspeist wird. Der Maulwurf „gebraucht beim Essen in anmutender Weise seine Grabfüßchen wie ein „feiner Herr“ beim Spargelessen seine Fingerchen gebraucht, nur daß der Maulwurf sie noch zur Entfernung des sehr sandigen Darminhaltes benutzt, indem er sein Opfer, beim Kopfende gefaßt, zwischen zwei zusammengedrückten Krallen seiner Grabfüße hindurchgleiten läßt, wodurch der Darminhalt nach hinten entleert wird“.

Ein Psychologe zu dem Heß-Frischischen Streite über den Farbensinn der Tiere. In seinem Buche über „Die geistige Entwicklung des Kindes“ (Jena 1918) kommt *Karl Bühler* bei einer Erörterung des Edin-

gerschen Satzes über die Dressierbarkeit der Wirbeltiere auch auf den Streit *Heß-Frisch* zu sprechen (S. 331—332). „Man streitet heute noch über den Farbensinn der blumenbesuchenden Insekten. Das biologisch Nächstliegende ist die Annahme, daß die Blütenfarben der Anlockung der für die Bestäubung wichtigen Insekten dienen. Die überraschenden Versuche von *Heß* schienen dagegen zu zeigen, daß alle diese Tiere total farbenblind sind und, wie der photographische Apparat, nur auf Helligkeitsunterschiede reagieren. Nun, die Resultate von *Heß* blieben bekanntlich nicht unbestritten, und ich muß gestehen, daß ich an den Versuchen von *v. Frisch*, der zum mindesten einen beschränkten Farbensinn der Bienen nachgewiesen zu haben glaubt, auch bei genauester persönlicher Beobachtung keinen Versuchsfehler, der das Resultat hätte fälschen können, zu entdecken vermochte. Mögen die Fische wirklich total farbenblind sein und sich der Farbensinn in der aufsteigenden Wirbeltierreihe erst entwickeln, so wie die scharfsinnigen Versuche von *Heß* es wahrscheinlich machen konnten, warum sollte ein ähnlicher Farbensinn nicht auch bei den Gliedertieren entstanden sein?“

Vollzieht sich Ballung und Expansion des Pigmentes in den Melanophoren von Rana nach Art amöboider Bewegungen oder durch intrazelluläre Körnchenströmung? (Prof. W. J. Schmidt im Biologischen Zentralblatt 39, Nr. 3, 1919, S. 140—144). Bekanntlich standen sich lange Zeit zwei Anschauungen über die Tätigkeit der Melanophoren gegenüber. Ein Teil der Forscher nahm an, die Ballung und Expansion des Pigmentes vollziehe sich nach Art amöboider Bewegungen, d. h. die Pigmentzellen vermöchten pseudopodienartige Fortsätze auszusenden und einzuziehen, so daß die Zelle bei der Ausbreitung des Melanins verästelt, bei der Ballung dagegen ohne Ausläufer, mehr oder minder kugelig abgerundet sei. Der andere dagegen glaubte, daß die Zellen ihre verästelte Form dauernd beibehielten, gleichgültig ob das Pigment geballt oder expandiert sei, daß nur im Expansionszustand die pigmenterfüllten Fortsätze leicht, bei der Ballung dagegen infolge der Entleerung vom Melanin schwer oder gar nicht zu sehen seien. Die letzte Auffassung nötigte dann weiter zur Annahme, daß die Verlagerungen der Pigmentkörnchen in der formkonstanten Zelle als intrazelluläre Körnchenströmungen ablaufen.

Die neueren Untersucher stimmen für die schwarzen Farbstoffträger (Chromatophoren) der Fische und Reptilien der zweiten Deutung zu, für die Amphibien neigt die Mehrzahl der neueren Autoren auch hier der Annahme intrazellulärer Körnchenströmung zu, doch hat sich in letzter Zeit eine Stimme ganz entschieden für amöboide Tätigkeit bei den Melanophoren der Froshhaut ausgesprochen. Dieser Autor, *Davenport Hooker*, stellt sich vor, daß die Farbstoffträger wie Amöben in Spalten und Höhlen der Haut liegen und die Farbkörnchen auf sich streckenden und wieder zusammenziehenden Pseudopodien aussenden und wieder sammeln.

Schmidt hat jene Spalten- und Höhlen in der Froshhaut, sozusagen Wohnplätze der Farbstoffträger, nicht auffinden können. Vielmehr sah er die Melanophoren sich ganz so lagern wie andere Gewebszellen, dagegen sah er, daß die Farbzellen das Melanin geballt haben und demnach pigmentfreie Ausläufer ausstrecken konnten, so daß es sich also beim Ballungs- wie beim Ausdehnungsvorgang selbst um intrazelluläre Körnchenströmung handeln muß. Und

damit verhalten sich die Farbstoffträgerzellen der Froshhaut in allen wesentlichen Punkten wie die der Fisch- und der Reptilienhaut. Die Vorstellung, daß die Chromatophoren sich wie Amöben in der Haut bewegten, ist nicht länger mehr haltbar; bei jugendlichen Chromatophoren allerdings könnte amöboide Bewegung noch vorkommen, ob diese Zellen aber später zu den im Epithel gelegenen Melanophoren werden, ist noch fraglich.

Krumbach.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Sonnenfinsternis am 29. Mai ist die Gelegenheit zu radiotelegraphischen Versuchen, die ermitteln sollen, ob das Hindurchgehen des Schattenkegels zwischen einer Sende- und einer Empfangsstation einen regelmäßigen Wechsel der Signalstärke bewirkt. Die Ionisierung der oberen Atmosphäre beeinflusst die Fortpflanzung der Wellen über große Strecken hin sehr wesentlich. Die Verfinsterung entzieht nun die im Kegel des Kernschattens liegende Atmosphäre dem Einfluß des Sonnenlichtes gänzlich und kann dadurch nicht nur die ionisierende Wirkung des Sonnenlichtes hemmen, sondern vielmehr die Wiedervereinigung getrennter Ionen zulassen. Der Vorgang beginnt im Halbschatten, verläuft aber in voller Stärke oder doch zum größten Teil erst in dem Kernschatten. An einer gegebenen Stelle wird der Halbschatten daher die Wiedervereinigung der Ionen in gewissem Grade einleiten, und in dem Maße, in dem die allgemeine Verfinsterung fortschreitet und die Finsternis an jener gegebenen Stelle wächst, wird die Wiedervereinigung der Ionen schneller und schneller vor sich gehen bis zum Eintreten der Totalität; ist der Schatten vorüber, so kann das Sonnenlicht seine ionisierende Wirkung wieder aufnehmen. Etwas dieser Art findet vermutlich stets beim Sonnenaufgang und beim Sonnenuntergang in irgend einem Betrage statt und ist die Hauptursache für die dabei beobachtete große Verschiedenheit in der Stärke der Signale.

Es ist die Vermutung ausgesprochen worden, daß die elektrischen Wellen, um von einem Punkte der Atmosphäre zum andern zu gelangen, eine gekrümmte Bahn einschlagen. Wenn dies richtig ist, werden Signale zwischen zwei einander näheren Stationen tiefer liegende Schichten der Atmosphäre passieren, als wenn sie zwischen zwei einander ferneren Stationen verlaufen. Die Verfinsterung beeinflusst wahrscheinlich die Ionisation der unteren und der oberen Schichten der Atmosphäre in verschiedenem Grade, und daher sind verschiedene Wirkungen bei weiter und bei weniger weit reichenden Signalen zu erwarten. Überdies werden lange Wellen durch Wechsel der Ionisation der Luft, durch die sie gehen, wahrscheinlich mehr beeinflusst werden als kurze Wellen. Die Aufhellung dieses Punktes ist eines der Ziele der Beobachtungen.

Während der Verfinsterung müssen mehrere drahtlose Stationen zu beiden Seiten der Totalitätszone nach einem genau festgesetzten Schema, das alle Irrtümer auf ein Minimum herabdrückt, Signale geben. Die Empfänger haben nichts weiter zu tun, als jeden ankommenden Buchstaben niederzuschreiben und die Zahl zu notieren, die seiner Stärke entspricht (Skala von 0—9). Die Stationen der britischen Admiralität in

Ascension und auf den Azoren sollten, wie die *Nature* mitteilt, während des Schattendurchganges quer über den Atlantischen Ozean fortlaufend Signale geben. Die Stationen nördlich vom Äquator sollten hauptsächlich auf die von Ascension kommenden Signale hören, die Beobachter südlich vom Äquator hauptsächlich auf die von den Azoren kommenden. Der wichtigste Teil der Versuche heftet sich an Ascension. Der Schattenkegel geht von Westen nach Osten vorüber und wird voraussichtlich die Stärke der Signale, die auf Stationen wie Demerara, Jamaica, den Stationen an der Küste der Vereinigten Staaten und von Kanada, auf Stationen in Irland, England, Frankreich, Italien, dem Mittelmeer und Ägypten ankommen, ansteigend beeinflusst haben.

Bemerkungen über einen Fetus von Hippopotamus amphibius L. und über einen 9 Monate alten Elephas maximus L. (K. Toldt jun., Zool. Anz. Bd. 50, 3/4, 1918). Seine Untersuchungen über die äußeren Formen von Säugetierembryonen und jungen Tieren setzt Toldt jun. hier in der Besprechung des Nilpferdes und des indischen Elefanten fort. Von ersterem Tier hatte Toldt vor kurzem in einer großen Arbeit ein neugeborenes Junges aus der Schönbrunner Menagerie beschrieben, die dann mit anatomischer Untersuchung von v. Schumacher (Innsbruck) in ausführlicher Weise fortgesetzt worden war. Besonders der Bau der Haut und die Behaarung ist erschöpfend behandelt, ebenso der Bau der Hufe und der äußeren Geschlechtsteile. Röntgendurchleuchtung ergab interessante Aufschlüsse über die Knochenentwicklung dieser Tiere. Bei der Seltenheit des Materials sind diese Arbeiten wichtige Beiträge zur Kenntnis der späteren Entwicklung der Dickhäuter, die allen Interessenten zur genauen Lektüre empfohlen werden müssen. Toldts gewissenhafte Beschreibungen und vorzügliche Abbildungen machen seine Arbeiten zu einer Fundgrube für einschlägige Forschungen.

Pinkus.

Isostatische Reduktion von 34 Stationen, ausgeführt im Geodätischen Institut (E. Hübner und O. Meißner, Astronomische Nachrichten, Nr. 4967, Bd. 207, Kiel 1918, C. Schaidt). Zu interessanten Ergebnissen führen die auf Grund der Lehre vom Gleichgewichtszustand der Erdrinde für eine Anzahl von Küstenstationen durchgeführten Reduktionen von Schweremessungen. Es zeigt sich, daß dort, wo der atlantische Küstentypus vorherrscht, eine allgemeine Kompensation stattfindet. Die Westküste Afrikas scheint insofern eine Ausnahme zu machen, als die Beobachtungen hier einen Massentüberschuß andeuten, der sich in einer Schwerestörung von $\pm 35 \cdot 10^{-3}$ cm äußert, die aber wohl auch bloß einer tieferen Lage der Ausgleichsfläche zugeschrieben werden kann. Diese wäre dann etwa mit 150 km anzunehmen. Den Stationen des pazifischen Typus, mit seinen außerordentlich tiefen Gräben, mangelt die Kompensation. Da sich in diesen Gegenden meist tätige Vulkane befinden und auch die Erdbebenstätigkeit eine sehr rege ist, so scheinen diese Gebiete geologisch noch nicht zur Ruhe gekommen und die Isostasie noch nicht erreicht zu sein. Große Schwierigkeiten bereitet der Reduktion die außerordentliche Unsicherheit, welche in dem vorhandenen Kartenmaterial bezüglich der Höhenangaben herrscht.

A. P.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 24. (Seite 419—434)

13. Juni 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die Maximaldosis des Salvarsans. Von *Geh. Med.-Rat Prof. Dr. A. Heffter, Berlin*. S. 419.

Die Wirkung des Lichtes auf die Schmetterlingspuppe. Von *Prof. Dr. B. Dürken, Göttingen*. S. 421.

Gibt es eine Farbendressur der Insekten? Von *Privatdozent Dr. Fritz Knoll, Wien*. S. 425.

Luftfilter für Maschinenbetriebe. Von *Heinrich Treitel, Berlin*. S. 430.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Zur Streitfrage nach dem Farbensinn der Bienen.
Über das Innere der Erde. Die Erdgestalt und die Hauptträgheitsmomente *A* und *B* der Erde im Aquator aus Messungen der Schwerkraft. S. 433—434.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften
kostenfrei

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten an der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

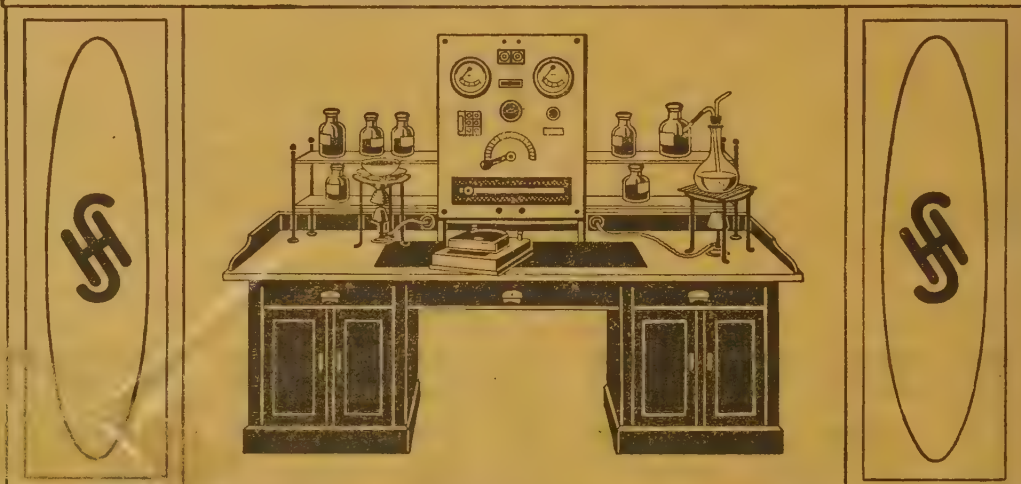
Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung.
10 20 80 400/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Siemens & Halske A.G. Wernerwerk

SIEMENSSTADT BEI BERLIN



Experimentier- und Elektrolyse-Tische

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

13. Juni 1919.

Heft 24.

Die Maximaldosis des Salvarsans.

Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. A. Heffter,

Direktor des Pharmakologischen Instituts der Universität Berlin.

Um das von Ehrlich entdeckte Salvarsan hat sich seit einigen Jahren in der Presse und in den Volksvertretungen ein Kampf entsponnen, der darauf hinzielt, das Mittel wegen seiner Gefährlichkeit entweder zu verbieten oder seine therapeutische Anwendung durch Festsetzung einer Maximaldosis wenigstens zu beschränken. Denn, so wird von einer Seite behauptet, die üblichen Einzelgaben des Salvarsans überschreiten in ihrem Arsengehalt um das 10—50-fache die für Arsenik festgesetzte Maximaldosis. Sie sind also viel zu hoch. In einer im Ministerium des Innern im Februar d. J. stattgehabten Beratung, an der zahlreiche Dermatologen, Bakteriologen und Pharmakologen teilnahmen, gelangte man zu dem Ergebnis, daß die Zeit zur Festsetzung einer Maximaldosis für das Salvarsan noch nicht gekommen sei. Die Erwägungen, die zu diesem Ergebnis führten, liegen nicht so offen, daß sie weiteren Kreisen, auch Ärzten, ohne weiteres verständlich wären, zumal über die Bedeutung des Begriffes „Maximaldosis“ vielfach irrtümliche Anschauungen verbreitet sind.

Das für den Verkehr mit Arzneimitteln zurzeit maßgebende Vorschriftenbuch, das „Deutsche Arzneibuch 5. Ausgabe“, enthält eine Tabelle, in der für eine Anzahl stark wirkender Arzneimittel Höchstgaben festgesetzt sind. Überschreitet der Arzt auf dem Rezept die Höchstgabe eines solchen Arzneimittels, so muß er durch ein hinzugefügtes Ausrufungszeichen kenntlich machen, daß er sich nicht geirrt oder verschrieben hat. Läßt er das Zeichen fort, so darf der Apotheker die Arznei nicht abgeben. Die Höchstgaben sollen also gewissermaßen nur Warnungszeichen darstellen, die darauf hinweisen, daß es sich hier um stark wirkende Arzneimittel handelt, bei deren Verordnung, Abwägen usw. besondere Vorsicht am Platze ist. Keineswegs sollen die Maximaldosen den Arzt in seiner Heilbehandlung beschränken. Er darf sie stets überschreiten, wenn er nach seiner wissenschaftlichen Überzeugung es für notwendig hält. Das kann z. B. der Fall sein, wenn es sich um ein Arzneimittel handelt, an das der Körper des Patienten sich rasch gewöhnt, wie beim Morphium. Oder es kann sich bei der Behandlung von Vergiftungen die Notwendigkeit ergeben, besonders hohe Gaben beruhigender oder erregender Arzneistoffe auf das Zentralnervensystem einwirken zu lassen.

In den meisten Arzneibüchern anderer Länder finden sich ebenfalls Maximaldosentabellen. Sie fehlen nur in den Pharmakopöen Großbritanniens und der Vereinigten Staaten. Jedoch sind die Maximaldosen keineswegs in allen Ländern gleich groß. So geben für Quecksilberchlorid (Sublimat) die Arzneibücher der Niederlande und Dänemark 0,01 g, das Deutsche Arzneibuch 0,02 und die österreichische Pharmakopöe 0,03 als Maximaldosis an. Ferner enthalten einige ausländische Arzneibücher Maximaldosen für Arzneimittel, die bei uns nicht damit versehen sind, wie z. B. Mutterkorn, das in Österreich und mehreren anderen Ländern die Maximaldosis 1,0 g hat.

Die weit verbreitete Ansicht, daß die Maximaldosis die Grenze zwischen heilender und giftiger Dosis darstelle, ist irrtümlich, wie aus den obigen Ausführungen hervorgeht. Für eine derartige Grenzbestimmung fehlen nicht nur alle wissenschaftlichen Grundlagen, sie erweist sich auch dadurch als unmöglich, weil eine und dieselbe Menge eines Arzneimittels bei den einzelnen Menschen in verschiedener Stärke und verschiedener Art wirksam sein kann. Nicht nur Lebensalter, Geschlecht, Körpergröße und Ernährungszustand beeinflussen die Wirkung einer Arzneigabe, auch eine bestehende Krankheit oder eine von Haus aus vorhandene Disposition wirken mitbestimmend. Kurz gesagt, ist die Wirkung eines Mittels die Resultante aus seinen pharmakologischen Eigenschaften und der besonderen Reaktion des Körpers. Schon Trousseau hat das erkannt, als er schrieb: „Les doses, que nous avons indiquées, n'ont rien d'absolu; les dispositions individuelles des malades doivent les faire varier à l'infini.“ Wenn er mit diesem Ausspruch auch nur die Opiumbehandlung kennzeichnen wollte, so trifft er doch für die meisten stark wirkenden Arzneimittel zu. Die Festsetzung der Maximaldosen kann unter solchen Umständen nur auf Durchschnittswerte hinauslaufen, die aus den wirksamsten Heildosen der betreffenden Mittel berechnet werden. Sie beruhen also auf den jeweiligen Kenntnissen und Erfahrungen in der Arzneibehandlung. Da diese Kenntnisse mit den Jahren sich ändern, so ist es nicht verwunderlich, daß auch die Maximaldosen des deutschen Arzneibuches in den verschiedenen Ausgaben nicht völlig übereinstimmen. Einige Beispiele mögen das beleuchten.

Im Jahre 1890 wurde Sulfonal, das erst seit zwei Jahren als Schlafmittel angewandt worden war, mit der Maximaldosis von 4 g in das Arzneibuch aufgenommen. Die Erfahrungen der näch-

sten Jahre veranlaßten aber, daß schon 1895 diese Maximaldosis auf die Hälfte herabgesetzt wurde. Ebenso hat man 1910 diejenige des Strychnins, die Jahrzehnte hindurch 0,01 g betragen hatte, auf 0,005 g vermindert.

Wenden wir uns nach dieser allgemeinen Erörterung der Entstehung und Bedeutung der Maximaldosen zum Salvarsan selbst, so sind die Vorbedingungen für die Aufstellung einer Maximaldosis dieses Mittels anscheinend gegeben. Denn auf Grund einer beinahe zehnjährigen praktischen Erfahrung sollte es möglich sein, die höchste Heildosis zu ermitteln. Freilich ist von den Salvarsangegnern wiederholt mit besonderem Nachdruck darauf hingewiesen worden, daß in den üblichen therapeutischen Gaben Salvarsan so viel Arsen enthalten ist, daß die für Arsenik festgesetzte Maximaldosis 10- bis 50-fach überschritten wird. Eine derartige Angabe ist geeignet, bei einem Laien Erstaunen, ja Furcht hervorzurufen. Leider wird auch von pharmakologischer Seite die Ansicht vertreten, daß die in Form des Salvarsans verabreichte Arsenmenge die in der Maximaldosis des Arseniks enthaltene Menge (0,004 g) nicht oder nur unwesentlich übersteigen dürfe. Bei einer solchen Berechnung würde die Maximaldosis des Salvarsans höchstens 0,03 g betragen. Das wäre eine derartige Einschränkung gegenüber den jetzt für die Syphilisbehandlung üblichen Dosen von 0,3—0,6 g, daß man sich nicht wundern darf, wenn von den Praktikern ein lebhafter Widerspruch gegen diese Höchstgabe erhoben wird, die den tatsächlich in vielen Tausenden von Fällen ohne Schaden angewandten Salvarsanmengen nicht entspricht.

Woher rührt dieser merkwürdige Gegensatz? Alle Arsenverbindungen, sowohl anorganische wie organische, wirken, soweit sie überhaupt pharmakologisch wirksam sind, in letzter Linie durch das Anion AsO_3 . Das gilt auch für die Arsensäure und ihre Salze, deren Anion AsO_4 erst dadurch wirksam wird, daß es durch die im Organismus sich abspielenden Reduktionsvorgänge in AsO_3 umgewandelt wird. In den zu Heilzwecken verwendeten organischen Arsenverbindungen, zu denen das Salvarsan als Dioxydiamidoarsenobenzolhydrochlorid gehört, ist das Arsen nicht in Form dissoziierbarer AsO_3 -Ionen, sondern in komplexen, direkt keine der bekannten chemischen Arsenreaktionen gebenden Ionen vorhanden. Diese Komplexionen entfalten an sich auf den Organismus keine typischen Arsenwirkungen. Solche treten erst ein, wenn es infolge einer Spaltung der Komplexionen zur Bildung von AsO_3 -Ionen kommt. Solche komplexe Arsenverbindungen sind daher weniger giftig als ihrem Arsengehalt entspricht, um so weniger, je widerständiger sie gegenüber den chemischen Einwirkungen des Organismus sich verhalten.

Ein Beispiel hoher Widerstandsfähigkeit liefert die Kakodylsäure oder Dimethylarsensäure, die als

Natriumsalz (Arsycodile) und Eisensalz (Ferrocodile) namentlich in Frankreich vielfach zu Heilzwecken verwendet wird. Bei Einführung in den Organismus wird der größte Teil der Säure unverändert durch die Nieren ausgeschieden, und nur ein kleiner Teil wird zu Arsenik oxydiert. Dementsprechend ist im Verhältnis zu dem hohen Arsengehalt (54,3 %) die Giftigkeit der Kakodylsäure sehr gering, weil eben die Hauptmenge des Arsens als wenig wirksames Kakodyl-Ion im Körper kreist. Ihr Entdecker *Bunsen* hielt sie sogar für ganz ungiftig. Die spätere Forschung hat aber gezeigt, daß 0,25 g der Säure auf 1 kg Körpergewicht bei Einspritzung in den Kreislauf Kaninchen zu töten imstande ist. Diese Menge entspricht 0,1357 g As, während in der kleinsten tödlichen Arsenikmenge bei gleicher Einverleibung nur 0,0053 g As zur Wirkung gelangt. Daraus ergibt sich, daß beim Kaninchen die Kakodylsäure etwa 25-mal weniger giftig ist, als ihrem Arsengehalt entspricht. Beim Menschen liegen die Verhältnisse offenbar ähnlich. Zu Heilzwecken wird Natrium cacodylicum gewöhnlich in Einzelgaben von 0,05 bis 0,1 g angewendet. Will man, wie das *L. Lewin* (Ergänzungsbuch zum Arzneibuch für das Deutsche Reich, 4. Ausgabe 1916) getan hat, dessen Maximaldosis nach dem Arsengehalt des Salzes festsetzen, so kommt man auf 0,02—0,03 g, einen Wert, der ziemlich weit unter den ärztlich verwendeten Heildosen liegt. Diejenigen ausländischen Arzneibücher, in die das Natrium cacodylicum aufgenommen ist, haben daher auch unter Berücksichtigung der praktischen Anwendung die Maximaldosis höher angesetzt. Das schweizerische und italienische Arzneibuch geben für das kristallwasserhaltige Salz mit ungefähr 35 % Arsen 0,05 g als Maximaldosis an. Die französische Pharmakopöe hat dagegen für das wasserfreie Natriumkakodylat mit 46,9 % Arsen als Maximaldosis 0,2 g festgesetzt, eine Menge, die 0,094 g Arsen enthält, also das 25-fache der Maximaldosis für Arsenik!

Auch das Salvarsan hat im Tierversuch sich als nicht so giftig erwiesen, wie sein Arsengehalt fordern sollte, wenn auch sein Komplexion leichter im Stoffwechsel zerstört zu werden scheint als dasjenige der Kakodylsäure. Die tödlich wirkende Menge beträgt bei Einspritzung in den Kreislauf für 1 kg Kaninchen ungefähr 0,2 g entsprechend einem Arsengehalt von 66 mg Arsen. Diese Menge ist ungefähr 12-mal größer als der in der kleinsten tödlichen Arsenikgabe vorhandene Arsengehalt. Auch an weißen Mäusen und Hunden angestellte Versuche lassen deutlich erkennen, daß die toxische Wirkung des Salvarsan-Ions nicht der darin enthaltenen Arsenmenge entspricht. In Anbetracht dieser durch mehrfache Versuche festgestellten Tatsache und des Umstandes, daß zu Heilzwecken beim Menschen in zahlreichen Fällen ohne Schädigung Heildosen von 0,4—0,6 g angewendet worden

sind, halte ich es für wissenschaftlich ungerechtfertigt, die Maximaldosis für Salvarsan ausschließlich auf Grund seines Arsengehaltes festzusetzen. Vielmehr muß hierbei die klinische Erfahrung das letzte Wort sprechen. Es liegt mir fern, zu leugnen, daß in einzelnen Fällen durch die genannten und noch kleinere Dosen Salvarsan Vergiftungen, ja der Tod herbeigeführt worden ist. Aber es ist zu erwarten, daß mit zunehmender Erfahrung und größter Sorgfalt bei der immerhin schwierigen Anwendungsform sich diese Gefahren werden einschränken lassen. Sie völlig zu vermeiden, erscheint deswegen zweifelhaft, weil eine besondere Empfänglichkeit für die Giftwirkungen des Arsens bei einzelnen Menschen, ebenso wie bei Tieren schon lange bekannt ist. Wir wissen seit Jahrzehnten, daß einzelne Personen nach mehrmaliger Einnahme von Arsenik oder Fowlerscher Lösung in Mengen, die nur etwa die Hälfte der Maximaldosis betragen, mit beunruhigenden Vergiftungserscheinungen erkranken können. Bei einer solchen Überempfindlichkeit gegen Arsenik muß damit gerechnet werden, daß auch die geringe Menge von AsO_3 -Ionen, die aus Salvarsan im Organismus abgespalten werden, giftige Wirkungen entfalten kann. Gegenüber dem unbestreitbaren Heilerfolg, den namentlich die frühzeitige Anwendung des Salvarsans gewährt hat, darf man diese Gefahr nicht zu hoch einschätzen. Sie ist jedenfalls geringer als diejenige, die bei der Anwendung anderer starkwirkender Arzneimittel, wie etwa Chloroform oder Quecksilber, besteht.

Die Wirkung des Lichtes auf die Schmetterlingspuppe.

Von Prof. Dr. B. Dürken, Göttingen.

Diejenigen Schmetterlingspuppen, welche keine besonderen Gespinsthüllen (Kokons) besitzen und nicht in Erdhöhlen und dergleichen liegen, sondern frei dem Tageslicht ausgesetzt angeheftet werden, weisen mannigfache Färbungen und Zeichnungen auf. Es handelt sich dabei um die Puppen der Tagfalter.

Das Interesse, das uns deren Färbung abnötigt, bewegt sich in mehrfacher Richtung: Wir treffen bei den Puppen öfters in gewissem Grade eine Übereinstimmung mit der Farbe der Umgebung an. Woher kommt dieselbe? Die frei im Tageslicht angehefteten Puppen sind sehr verschiedenartig pigmentiert, während die versteckten eintönig braun gefärbt sind. Ist danach nicht zu vermuten, daß das Licht am Zustandekommen der Puppenfärbung beteiligt ist? Ist die Färbung der Puppen vielleicht eine Schutzfärbung? Daß die Pigmente sämtlich nur insoweit für das Tier von Bedeutung sein sollen, daß sie äußerliche Färbungen und Zeichnungsmuster hervorrufen, kann man bei näherer Überlegung kaum annehmen; wird man nicht auch in dieser

Richtung durch Untersuchung der Puppenfärbung Aufschlüsse erzielen können?

Die älteren Beobachtungen und Versuche können wir füglich übergehen¹⁾. Beachtenswerte Experimente in größerem Maßstabe hat zuerst *Poulton* angestellt, und zwar in erster Linie an *Vanessa urticae* (Nesselfalter, kleiner Fuchs). Er brachte eine größere Anzahl der auf der Brennessel lebenden Raupen auf verschiedenfarbigem Untergrund zur Verpuppung, so auf Orange, Grün, Schwarz, Weiß und Gold. Verpuppung auf Orange ergab keinen spezifischen Effekt; auch Grün zeigte keinen entschiedenen Einfluß. Sieht man aber davon ab, so war die Einwirkung der Umgebungsfarbe auf die Puppenfärbung ganz deutlich. Schwarz begünstigte das Dunkelwerden, Weiß das Hellwerden der Puppen, Gold das Auftreten der glänzenden Metallfarbe, die in der freien Natur ziemlich selten ist. Die Wirksamkeit des von der Umgebung reflektierten Lichtes für die Puppenpigmente steht danach fest.

Poulton, wie auch sonst die älteren Autoren, neigt dazu, das Wesen dieser Einwirkung in der Schaffung von Schutzfärbungen zu erblicken. Das geht aber aus seinen Versuchen nicht hervor. Denn Weiß erzeugte zwar vor allem helle Puppen, daneben aber zahlreiche goldige; Grün brachte keine grünen, Orange keine gelben Puppen hervor. Eine mit der Umgebung gleichsinnige Reaktion der Puppenfärbung — und nur eine solche kann als Schutzfärbung angesprochen werden — liegt also durchgehends gar nicht vor.

Man wird ohne nähere Prüfung geneigt sein anzunehmen, daß die entscheidende Einwirkung des Lichtes auf die Puppe stattfindet, wenn diese die Raupenhaut abgestreift hat und sie noch weich und unpigmentiert ist. Das hat sich jedoch nicht bestätigt. Die empfängliche Periode liegt vielmehr vorher bereits im Raupenstadium. Am empfindlichsten ist die Raupe gegen die Lichtwirkung, wenn sie sich nach dem Aufhören der Nahrungsaufnahme einen Platz zum Verpuppen ausgewählt hat, an dem sie bewegungslos verharret. Nach dem Festspinnen nimmt die Empfindlichkeit mehr und mehr ab. Das wurde von *Poulton* und anderen festgestellt und auch von *Petersen* bestätigt, der mit Raupen von *Pieris rapae* (Rübenweißling) dahingehörende Versuche anstellte. Auf gelbem Untergrund entstehen grüne, auf weißem sehr helle, fast weiße Puppen, auf schwarzem solche mit vielen schwarzen Punkten und Stricheln. Wurden nun Raupen, welche sich auf schwarzem Untergrund angeheftet hatten, unmittelbar vor dem Abstreifen der Raupenhaut auf eine weiße oder grüne Unter-

¹⁾ Literatur darüber sowie über die im folgenden erwähnten Versuche bei: *Biedermann* in Wintersteins Handbuch d. vergl. Physiol. Bd. III, 1. Hälfte, 2. Teil (1914); *Leonora Brecher*, im Archiv f. Entwickl.-Mechanik Bd. 43 (1917) u. Bd. 45 (1919); *B. Dürken* in Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 115 (1916) u. in Nachr. d. K. Gesellsch. d. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Klasse 1918.

lage gebracht, so hatte letztere keinen Einfluß mehr; die Puppen gehörten der dunklen Varietät an, wie sie dem schwarzen Untergrund entspricht. Auch der umgekehrte Versuch lieferte ein entsprechendes Ergebnis. Die vor der empfindlichen Periode vorhandene Umgebungsfarbe hat auch keinen Einfluß.

Am eingehendsten untersucht ist die Lichtwirkung an der Kohlweißlingspuppe (*Pieris brassicae*). Abgesehen von älteren Versuchen (Poulton, Petersen und andere) haben sich neuestens Dürken und Leonore Brecher unabhängig voneinander mit einschlägigen Experimenten beschäftigt.

Bei der Puppe des Kohlweißlings liegen die Pigmentverhältnisse einigermaßen übersichtlich, was für die Versuche von großem Wert ist.

Sieht man von den geringen Beimischungen andersfarbiger Pigmente ab, die zuweilen einen schwach rötlichen oder gelblichen Einschlag bedingen, so wird die allgemeine Grundfärbung der Puppe hervorgerufen durch ein opakes weißes Pigment, welches seinen Sitz in den Zellen der lebenden Körperhaut hat, die der harten Chitindecke unterlagert. Die Chitinschicht ist zu einem großen Teil farblos und durchscheinend, nur ihre oberste Schicht enthält ein schwarzes oder schwarzbraunes Pigment, das in feinen Punkten und Strichen verteilt ist, die an bestimmten Stellen zu größeren charakteristischen Flecken zusammenfließen. Dadurch entsteht auf dem weißen Grund ein bestimmtes Zeichnungsmuster und zugleich wird durch die feinsten schwarzen Sprenkel die Gesamtfärbung derart beeinflusst, daß sie nicht weiß, sondern in den typischen Fällen mehr oder minder grau erscheint. Endlich spielt für die Färbung der Puppe noch die grüne Farbe der Blutflüssigkeit und des Körpergewebes eine Rolle (der grüne Farbstoff hat *nicht*, wie man immer wieder lesen kann, seinen Sitz in den Zellen der Körperhaut [der sogen. Hypodermis]!). Sind weißes und schwarzes Pigment stark entwickelt, so haben wir verhältnismäßig dunkle graue Puppen vor uns; ist das schwarze weniger ausgebildet, so erhalten die Puppen ein helles, mehr oder minder weißliches Aussehen, je nach dem Grade der Reduktion der schwarzen Zeichnungselemente. Wird nun auch noch das opake weiße Pigment unterdrückt, so wird die Körperdecke durchscheinend und die grüne Farbe der Körpergewebe kommt mehr und mehr zur Geltung. Ist noch viel weißer Farbstoff vorhanden, so bekommt die Puppe nur einen grünlichen Schein; fehlt er fast vollständig, so wird die Puppe leuchtend grün.

Als Farben für den Verpuppungshintergrund wurden hauptsächlich benutzt rot, orange, gelb, hellgrün, blau, weiß und schwarz. An einer sehr großen Puppenzahl wurden gut übereinstimmende Ergebnisse erzielt. Auch hier erwies sich die Reaktion der Puppenfärbung nicht als zwangsläufig, sondern als eine überwiegende Bevorzugung eines

bestimmten Färbungstypus, der für den jeweiligen Hintergrund charakteristisch ist; daneben bleibt eine gewisse Variationsbreite bestehen, die allerdings insoweit eingengt ist, als die Variationsrichtung im ganzen eine deutliche Verschiebung im Sinne der Hauptvariante erkennen läßt.

Auf Rot entstehen vorwiegend Puppen mit viel schwarzem und viel weißem opaken Pigment; Gesamtfärbung grau, Tönung ziemlich dunkel. Orange reduziert außerordentlich stark sowohl das schwarze wie das weiße Pigment; die Folge ist das Entstehen leuchtend grüner Puppen, die nur winzige schwarze oder bräunliche Zeichnungselemente in der Kutikula aufweisen. Gelb wirkt in ähnlicher Richtung, aber bedeutend schwächer; das Schwarz wird bis zu einem mittleren Grade unterdrückt, ebenso das Weiß, das aber bei der überwiegenden Mehrzahl der Puppen nicht ganz verschwindet. So erhält man helle Puppen mit wenig Schwarz und Weiß und starkem grünen Einschlag; die Gesamtrichtung der Variation ist nach der Seite der grünen Puppen verschoben. Hellgrün bewirkte eine etwas stärkere Reduktion beider Pigmente als Gelb; es hält also etwa die Mitte zwischen Gelb und Orange. Die Mehrzahl der Puppen hat einen kräftigen hellgrünen Ton, der aber durch das beigemischte Weiß gegenüber den Puppen von Orange gemildert ist. Blau endlich brachte „mittlere“ Puppen hervor, also eine mäßige Reduktion des Schwarz und eine geringe des Weiß. Die Puppen haben vielfach einen grünlichen Einschlag und ähneln denen von gelbem Untergrund, jedoch mit dem bemerkenswerten Unterschied, daß die Gesamtvariation auf Blau entschieden nach der Seite der dunklen Puppen, wie sie vorwiegend auf Rot erhalten werden, tendiert.

Schwarze Umgebungsfarbe bringt bei reichlichem Zutritt von Tageslicht Puppen hervor, die viel opakes Weiß, aber auch sehr viel Schwarz aufweisen; sie gehören also durchweg zu dem dunklen Färbungstyp.

Eine andere Wirkung hat weißer Untergrund: das schwarze Pigment wird reduziert, jedoch nicht vollständig, so daß die schwarzen Zeichnungselemente meist alle vorhanden sind; da gleichzeitig das Weiß gut ausgebildet wird, entstehen so helle Puppen, die eine Tendenz zur Variation nach der Richtung des grünen Färbungstypus erkennen lassen.

Sehen wir von den übrigen geprüften Umgebungsfarben hier ab, so interessieren uns noch die Versuche, in denen die verpuppungsreifen Raupen lediglich mit farbigem Licht bestrahlt wurden, sei es, daß sie der Einwirkung der verschiedenen Abschnitte des Spektrums unterworfen wurden (Brecher) oder daß sie ihre Verpuppung unter farbigen Lichtfiltern durchmachten (Dürken).

Untersucht wurden von Dürken der Einfluß roten, orangenen und blauen Lichtes. Im Gegensatz zu dem bloß rotgefärbten Hintergrunde

lieferte die ausschließlich rote Beleuchtung als Hauptvariante einen Färbungstyp, der sich sehr stark dem auf orangenem Untergrund nähert: starke Unterdrückung des Schwarz, ziemlich weitgehende bis fast völlige Reduktion des Weiß. Daneben kamen allerdings Puppen mit mehr Weiß und Schwarz vor. Die vorwiegende Grundfärbung der Mehrzahl der Puppen (55,3 %) war grün. In orangenem Licht entstanden vor allem grüne Puppen (77,8 %), während in blauem Puppen mit viel opakem weißen Pigment und ziemlich viel schwarzem vorherrschten; grünliche und grüne Puppen kamen nur zu 14,8 % vor. In gleichzeitigen Kontrollzuchten auf nichtfarbigem Untergrund bei weißem Tageslicht betrug die Zahl der Puppen des letzteren Typus 7 % (von im ganzen 385 Puppen).

Die Spektralversuche hatten ein ganz ähnliches Ergebnis, nur waren die im Rot entstandenen Puppen nicht so grün wie in den Filterversuchen. Jedenfalls ist die Wirkung des Lichtes auf die Puppenfärbung ganz evident.

Bevor wir erörtern, was das Ausschlaggebende in dieser Wirkung ist, und dazu noch einige weitere Versuchsergebnisse anführen, mag eine wichtige Feststellung Platz finden, nämlich daß die verschiedenen Färbungstypen der Puppen sich untereinander auch durch ungleichen Chemismus unterscheiden (*Brecher*), wie u. a. durch die ungleiche Wirkung der sogenannten Blut-Tyrosinase auf Tyrosinlösung nachgewiesen werden konnte. Diese chemischen Verschiedenheiten sind es offenbar, welche in dem Verhalten der Nachkommen der vom Licht spezifisch beeinflussten Puppen zum Ausdruck kommen (vergleiche unten).

Um die Wirkungsweise des Lichtes näher zu prüfen, müssen wir an ihm zweierlei unterscheiden, nämlich seinen Farbwert und seinen Helligkeitswert. Der erstere ist nichts anderes als die Wellenlänge des Lichtes, deren Verschiedenheiten eben vom menschlichen Auge als Farbunterschiede wahrgenommen werden, indem die kurzen Lichtwellen als violett und blau, die langen als rot empfunden werden; dazwischen liegen dann grün, gelb und orange. Die Farbe ist also nur ein vom menschlichen Auge hergenommener Ausdruck für Wellenlänge. Jede Wellenlänge hat aber außer der Farbe für unser Auge noch eine andere Eigenschaft, nämlich eine bestimmte Helligkeit, so zwar, daß im Spektrum Gelb als die hellste, Blau bzw. Violett als die dunkelste Farbe erscheint. Ein total farbenblinder Mensch sieht das ganze Spektrum grau, die einzelnen Farben unterscheiden sich für ihn nur durch ungleiche Helligkeit oder durch ihre sogen. Grauvaleuz. Auch das normale an Dunkelheit adaptierte Auge sieht bei schwacher Beleuchtung nur die Grauvaleuz (den Helligkeitswert) der Farben (man denke an das Sprichwort: Bei Nacht sind alle Katzen grau).

Wenn man nun die Wirkung des Lichtes auf

die Pigmentbildung der Puppen betrachtet, so sieht man, daß derjenige Abschnitt des Spektrums, der für das menschliche Auge den größten Helligkeitswert besitzt, nämlich der orange-gelbe Abschnitt, die Pigmente am meisten reduziert; der dunkelste Abschnitt, blau-violett, tut das bedeutend weniger, ebenso verhält sich das dunkle rote Ende des Spektrums; seine Abschnitte von mittlerer Helligkeit reduzieren die Pigmente auch in einem gewissen mittleren Grade. In Übereinstimmung damit steht die Beobachtung, daß auf schwarzem Untergrund dunkle Puppen mit reichlich schwarzem Pigment (und mit weißem) entstehen.

Hiervon ausgehend, findet man schon bei *Poulton* und dann auch in neueren Abhandlungen (z. B. auch in der Zusammenfassung von *Biedermann*) die Tendenz, die Lichtwirkung auf die Puppen lediglich als Helligkeitswirkung aufzufassen und die Wellenlänge (die Farbe) des Lichtes dabei zu vernachlässigen. Aber schon die bisher mitgeteilten Versuche lehren, daß das nicht richtig sein kann. Denn dann müßten auf Weiß, als dem lichtstärksten Untergrund, die meisten grünen Puppen entstehen; das ist aber nicht der Fall. Für Weiß sind vielmehr charakteristische Puppen mit viel weißem und nur mäßig reduziertem schwarzem Pigment, wenn daneben auch eine Tendenz zum Grünwerden der Puppen vorhanden ist. Ferner dürften unter rotem Lichtfilter nicht vorwiegend grüne Puppen auftreten, während auf rotem Untergrund Puppen mit viel Schwarz und Weiß (dunkler Typus) vorherrschen; die Wirkung müßte in beiden Fällen die gleiche sein.

Dazu kommt noch folgendes. Bei vollständigem Lichtabschluß oder in tiefer Dämmerung bei schwarzer Umgebung müßten in jenem Falle die dunkelsten Puppen gebildet werden; das trifft aber nicht zu; vielmehr gehen aus solchen Zuchten Puppen hervor, welche weniger Schwarz besitzen, also etwas heller sind als jene, welche von schwarzem Untergrund bei vollem Zutritt von Tageslicht herkommen.

Wäre die Anschauung von der alleinigen Wirkung des Helligkeitswertes richtig, müßte gedämpftes gelbes Licht Puppen erzeugen, die wesentlich mehr Schwarz aufweisen als solche, welche in lichtstarkem gelben Licht erhalten werden. Auch das trifft nicht zu. *Brecher* stellte solche Versuche an, bei denen die Verpuppung in gelbem Lichte von ungleicher Intensität vor sich ging. Das Ergebnis war in allen Intensitäten das gleiche; überall entstanden die gleichen für Gelb charakteristischen grünlichen Puppen.

Es bleibt also kein anderer Schluß übrig, als daß nicht der Helligkeitswert der Umgebung, sondern ihr Farbwert, d. h. die Wellenlänge des einwirkenden Lichtes die Pigmentbildung der Puppe beeinflusst.

Die Erscheinung nun, daß Dunkelheit eine gewisse Reduktion des schwarzen Pigmentes her-

beiführt, daß aber schwarzer Untergrund bei Zutritt von Tageslicht seine Ausbildung fördert, legt den Gedanken nahe, daß seine Bildung von Strahlen abhängt, welche von schwarzem Untergrund reflektiert werden, in der Dunkelheit aber fehlen. Das können nur unsichtbare Strahlen sein, und zwar spricht die Vermutung für die ultravioletten. Besondere Versuche (Brecher) haben das bestätigt. Man kann nämlich durch ein Filter von Chininsulfat die ultravioletten Strahlen aus dem Tageslicht ausschalten, ohne daß dessen übrige Bestandteile beeinträchtigt werden. Läßt man nun die Verpuppung bei vollem Tageslicht auf schwarzem Untergrund vor sich gehen und filtert durch Chininsulfat die ultravioletten Strahlen aus dem Licht heraus, so erzielt man ganz helle Puppen mit sehr wenig Schwarz, wie nach obiger Vermutung zu fordern war. Geht die Verpuppung in der Dunkelkammer im unsichtbaren ultravioletten Ende des Spektrums vor sich, so entstehen Puppen mit viel Schwarz im Gegensatz zur Verpuppung in wirklicher Dunkelheit. Die Bedeutung des Ultraviolett für das Zustandekommen des schwarzen Pigmentes ist damit erwiesen, also auch seine Abhängigkeit von der Wellenlänge.

Als abgeschlossen können die Versuche noch nicht gelten, da vor allem noch der Anteil des Ultraviolett an der Wirkung der anderen Umgebungsfarben geprüft werden muß.

Aus Versuchen von Dürken, welche allerdings noch nicht völlig zu Ende geführt sind, geht hervor, daß die Beschaffenheit der Vorfahren für die Färbung der Puppen von Bedeutung ist.

Oben wurden bereits die Ergebnisse der Versuche mit roten und orangenen Lichtfiltern mitgeteilt. Die Mehrzahl der dabei erhaltenen Puppen zeichnet sich durch sehr starke Reduktion des Schwarz aus. Sehr charakteristisch für sie ist das völlige Fehlen der sonst stets vorhandenen Fleckenreihe auf der dorsalen Mittellinie des Kopfbrustabschnittes der Puppen; das Weiß ist ebenfalls weitgehend gemildert und die Grundfarbe daher stark grünlich bis grün. Bezeichnet man die anderen Puppen, welche jene Fleckenreihe noch besitzen und zugleich eine weiße Grundfarbe als Gruppe A, so kann man jene grünen Puppen als Gruppe B zusammenfassen.

Die Puppen der Gruppe B (P_1 -Generation) verblieben bis zum Schlüpfen der Falter in dem roten bzw. orangenen Licht. Die Falter wurden zur Fortpflanzung gebracht, und die so erhaltenen Raupen (P_2 -Generation) teils mit Fortdauer der Versuchsbedingungen, d. h. in orangenem Licht, teils ohne diese Bedingungen, d. h. in farbloser Umgebung zur Verpuppung gebracht. Das Ergebnis läßt sich am einfachsten darstellen durch den Anteil der Gruppe B an den einzelnen Zuchten:

1. Kontrollzuchten in nichtfarbiger Umgebung $B = 7,0\%$;
2. P_1 -Generation, einmalige Wirkung von

a) rotem Licht $B = 55,3\%$;

b) orangenem Licht $B = 77,8\%$;

3. P_2 -Generation (Nachkommen von P_1 aus rotem und orangenem Licht):

a) Versuche mit Fortdauer der Versuchsbedingungen; Verpuppung auch von P_2 in orangenem Licht (ebenso wie P_1); Wirkung von orangenem Licht in zwei aufeinander folgenden Generationen: $B = 94,8\%$;

b) Versuche mit Fortfall der Versuchsbedingungen; Verpuppung von P_2 in nichtfarbiger Umgebung; Eltern (P_1) in rotem oder orangenem Licht: $B = 42,8\%$.

Wenn also durch rotes und in stärkerem Maße durch orangenes Licht Puppen der Gruppe B erzeugt werden, so wird die Wirkung des orangenen Lichtes bei abermaliger Anwendung in der Nachkommengeneration erheblich gesteigert. Wächst aber diese Nachkommengeneration unbeeinflusst auf, so entsteht in ihr ein viel größerer Prozentsatz grüner Puppen der Gruppe B als in den Vergleichszuchten, deren Vorfahren nicht unter den Versuchsbedingungen gestanden haben. Weitere Versuche über diesen Gegenstand sind im Gange.

Es handelt sich nun weiterhin um die Frage, wie kommt die Wirkung des Lichtes auf die Körperdecke der Puppe zustande, ist es ein direkter photochemischer Prozeß oder spielen dabei physiologische Vorgänge in den lebenden Zellen eine Rolle, und wird der Prozeß vielleicht gar von Sinnesorganen durch Vermittelung des Nervensystems beeinflusst? Eine endgültige Antwort läßt sich zurzeit darauf noch nicht erteilen. Direkte photochemische Wirkung ist vor allem von Wiener vertreten worden. Wenn die Mitbeteiligung einer solchen in dem einen oder anderen Falle oder auch allgemein nicht als völlig ausgeschlossen angesehen werden kann, so ist doch folgendes zu bedenken. Die frische, noch ungefärbte Puppenhaut zeigt in den näher untersuchten Fällen keine Reaktion auf die Umgebungsfarbe, was man bei einfacher photochemischer Empfindlichkeit erwarten müßte, die kritische Periode liegt vielmehr im Ende der Raupenzeit. Auch Raupen, welche sich nachts verpuppen, zeigen die spezifische Reaktion auf die Umgebungsfarbe; verschiedene Belichtung der vorderen und hinteren Raupenhälfte im kritischen Stadium führt nicht zur Bildung partiell verschieden gefärbter Puppen, sondern ausschlaggebend ist die Belichtung der größeren Hautfläche (Poulton). Diese und andere Erscheinungen sprechen dafür, daß physiologische Prozesse der lebenden Zellen in den Verlauf der ganzen Färbungsreaktion eingeschaltet sind. Eine Beteiligung der Sinnesorgane daran steht nicht fest. Jedenfalls scheint der Gesichtssinn unbeteiligt zu sein. Denn die für die jeweilige Umgebungsfarbe kennzeichnende Puppenfärbung tritt auch dann

ein, wenn die Augen der verpuppungsreifen Raupen mit schwarzem Lack überzogen sind (*Poulton, Brecher*). Besser wäre eine völlige Ausschaltung der Augen, doch ist das Ausbrennen derselben, wie es schon angewandt wurde, eine nicht einwandfreie Methode, da damit leicht chemische Veränderungen verbunden sein können. Die Nichtbeteiligung des Gesichtssinnes geht übrigens auch aus den erwähnten Versuchen mit partiell verschiedener Belichtung hervor. Die Puppenfärbung entspricht nicht der Belichtung des die Augen tragenden Abschnittes, sondern derjenigen, von der die größere Körperfläche getroffen wird. Offenbar also geht die entscheidende Reaktion direkt in der Körperdecke vor sich. Ihre Ausbreitung auf die ganze Puppe wird nicht durch das Nervensystem — dafür spricht bisher nichts —, sondern durch die Körpersäfte bewirkt, die ja, wie erwähnt, chemisch in spezifischer Weise verändert werden. Nähere Untersuchungen müssen weiteren Aufschluß bringen.

Erinnern wir uns nun zum Schluß der eingangs aufgeworfenen Fragen, so ist die eine derselben, nämlich: ob das Licht Einfluß auf die Puppenfärbung hat, nach den vorstehenden Ausführungen selbstverständlich zu bejahen. Auch die Frage, ob es sich dabei um die Bildung von Schutzfärbungen handelt, kann nunmehr eine Antwort erhalten. Zuweilen, aber keineswegs immer, führt die Reaktion auf das Licht der Umgebung zu einer gewissen Übereinstimmung mit dem Untergrund, dem die Puppen angeheftet sind. Es kann aber auch das gerade Gegenteil eintreten, wenn z. B. die Puppen auf orangenem Untergrund grün werden. Im Grunde hat also offenbar die Färbungsreaktion mit Schutzfarbbildung nichts zu tun, sondern ihr Wesen liegt in einer noch weiter zu erforschenden spezifischen Abhängigkeit der Pigmentbildungsvorgänge von Licht bestimmter Wellenlänge. Wenn dabei Übereinstimmung mit der Umgebung auftritt und wir diese Übereinstimmung mit anthropomorphistisch wertendem Urteil als Schutzfärbung ansprechen, so ist diese letztere nicht das Wesentliche in dem Prozeß, sondern gewissermaßen nur ein Abfallprodukt. Auf jeden Fall aber ist die eventuell vorkommende Schutzfärbung nicht durch Zuchtwahl erworben, sondern das Ergebnis einer individuellen Reaktionsweise. Wer übrigens einmal beobachtet hat, wie etwa Meisen und Kleiber Stämme und Äste absuchen, wird zu der Ansicht kommen, daß den dort angehefteten Puppen die beste Schutzfärbung nichts nützt. Man darf auf keinen Fall ihre Bedeutung überschätzen. Unzweifelhaft haben die geschilderten Versuche gelehrt, daß die Bedeutung der Pigmente nicht mit der Bildung äußerlicher Färbungen und Zeichnungen erschöpft sein kann; das ist vielleicht nur ein sekundäres Ergebnis ihres Vorhandenseins. Besonders geht eine weitere Bedeutung hervor aus dem tiefgreifenden Einfluß, den die Abänderung ihrer Ausbildung auf

den Chemismus des Tieres besitzt, so daß die verschiedenen Färbungstypen sich auch chemisch unterscheiden und den spezifischen Chemismus offenbar auch auf die direkten Nachkommen übertragen. Vielleicht — vermutungsweise und mit Vorbehalt möge es ausgesprochen sein — weist diese Abhängigkeit des Chemismus vom Licht auf dem Umwege über die Pigmentabhängigkeit von letzterem auch darauf hin, daß die Pigmentbildung bei der Lichttherapie, wie sie in der menschlichen Medizin angewandt wird, eine wichtige Rolle spielt.

Gibt es eine Farbendressur der Insekten?

Von Privatdozent Dr. Fritz Knoll, Wien.

Im Jahre 1913 habe ich in dieser Zeitschrift über den damaligen Stand des Streites um das Farbensehen der Insekten berichtet¹⁾. Seither haben *K. v. Frisch* und *C. v. Heß* ihre Untersuchungen und Ansichten zu dieser Streitfrage ausführlich veröffentlicht; aber trotzdem ist es für den ferner Stehenden heute kaum möglich, sich auf Grund der von beiden Forschern gemachten Angaben für die eine oder andere Ansicht zu entscheiden, da die beiden Auffassungen einander gerade entgegengesetzt sind, so daß ein Ausgleich unmöglich erscheint²⁾.

Frisch gelangte bei seinen Untersuchungen zu dem Schluß, daß die Honigbienen rotgrünblind seien, daß für sie somit die Farbenreihe des zusammenhängenden Spektrums am langwelligen Ende verkürzt und durch einen grauen Streifen in der Gegend des Blaugrün in eine „warme“ und eine „kalte“ Hälfte geschieden werde³⁾. *Heß* hat in seinen letzten Arbeiten seinen früheren Standpunkt im ganzen Umfange aufrecht erhalten⁴⁾. Auch heute ist er der Ansicht, daß der Honigbiene nur dann ein Unterscheidungsvermögen der Farben zugesprochen werden könnte, wenn bei ihr das beim farbenblütigen Menschen Auge und beim Auge von Wirbeltieren nachweisbare Purkinjesche Phänomen festgestellt werden könnte. Da *Heß* diese Erscheinung im Sehorgane der Honigbiene nicht nachweisen konnte, ist er davon überzeugt, daß die Honigbienen total farbenblind sind. Die Ergebnisse der Untersuchungen von *Frisch* sucht *Heß* hauptsächlich dadurch zu widerlegen, daß er Mitteilungen über

¹⁾ Knoll, F., Über Honigbienen und Blumenfarben, Die Naturwissenschaften, 1. Jahrg., 1913, S. 349—352.

²⁾ Die Stellungnahme des Bienenforschers *H. v. Buttel-Reepen* ist aus dessen Aufsatz „Sind die Bienen wirklich farbenblind?“ zu ersehen. (Die Naturwissenschaften, 4. Jahrg., 1916, S. 289—291.)

³⁾ *Frisch, K. v.*, Der Farben- und Formensinn der Biene, Zool. Jahrbüch. Bd. 35, 1914.

⁴⁾ *Heß, C. v.*, Über die Bedeutung bunter Farben bei Pflanzen und Tieren, Die Naturwissenschaften 1917, S. 398—400; Beiträge zur Frage nach einem Farbensinne bei Bienen, Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 170, 1918, S. 337—366.

Versuche bringt, die nach den von *Frisch* gemachten Angaben ausgeführt wurden, aber trotzdem keinen Dressurerfolg hatten. Und damit hat *Heß* nach seiner Meinung auch die Bewertung der Farbe der Blumen als Anlockungsmittel für blütenbesuchende Insekten endgültig erledigt.

Man mag verschiedener Meinung darüber sein, wie weit man berechtigt ist, aus dem Fehlen des Purkinjeschen Phänomens bei Insekten auf deren totale Farbenblindheit zu schließen. Auf jeden Fall ist es aber notwendig, daß wir uns vor allem bemühen, die Frage, ob es eine Farbendressur bei Honigbienen gibt oder nicht, mit vollständiger Sicherheit zu beantworten. Denn wenn auch bei negativem Ausfall der Antwort die Frage noch nicht erledigt ist, so gibt doch der positive Ausfall eine eindeutige Entscheidung. Diese Farbendressur hätte zur Voraussetzung, daß die Honigbienen imstande wären, verschiedene Lichter, abgesehen von der ihnen zukommenden Helligkeit, noch in ihrer Farbigkeit zu empfinden, sich unter Umständen ein bestimmtes Licht zu merken und das Wiedererkennen dieses Lichtes durch motorische Reaktionen (Flugbewegung oder Laufbewegung) mit klar ausgesprochener Bewegungsrichtung uns sichtbar werden zu lassen.

Um diese Frage zu beantworten, habe ich seit sechs Jahren mit Honigbienen und anderen blütenbesuchenden Insekten eine große Anzahl verschiedener Versuche angestellt, deren Ergebnisse nach und nach zur Veröffentlichung gelangen sollen. Ich hatte nicht die Absicht, die Dressurversuche von *Frisch* mit Honigbienen nach seinen Methoden zu wiederholen, sondern ich wollte einen anderen Weg einschlagen, um zum Ziele zu gelangen, den ich den Weg der „natürlichen Bindung an bestimmte Farben“ nennen möchte⁵⁾.

Wenn die Honigbienen innerhalb ihres Flugbereiches (Sammelbereiches) längere Zeit hindurch etwa nur eine einzige Pflanzenart vorfinden, deren an zahlreichen Exemplaren vorhandene Blüten ihnen in reichlicher Menge zusagenden Nektar und Pollen bieten, so müßten sich die Honigbienen dieser Gegend an die Farbe der „Schauapparate“ dieser Blumen, etwa die Farbe der Blumenblätter, so sehr binden, daß sie auf diese Farbe auch dann motorisch reagieren, wenn ihnen andere, sonst im Sammelbereich nicht vorhandene Objekte der gleichen Farbe plötzlich in den Weg kommen; dagegen müßten ihnen beliebige graue Objekte oder Objekte einer der gewohnten entgegengesetzten (komplementären) Farbe in dieser Zeit so gleichgültig sein, daß sie keine motorische Reaktion (Ablenkung des Fluges) bewirken. Diese idealen Bedingungen zur natürlichen Bindung an eine bestimmte Farbe sind aber nur selten verwirklicht. Dagegen findet man

öfter Annäherungen an diese Bedingungen, welche dem Ideale genügend nahekommen, so daß der Erfolg klar zutage tritt. Besonders im Frühjahr und im Spätherbst werden sich solche Zustände in der mitteleuropäischen Natur entwickeln, in südlicheren Klimaten auch im Sommer in der Zeit nahe der Sommerdürre.

Von meinen zahlreichen Beobachtungen über diese Erscheinungen will ich hier zwei typische Beispiele besprechen⁶⁾. Ich hatte Gelegenheit, das Verhalten der Honigbienen zu untersuchen, die in Süddalmatien an den Besuch von *Helianthemum ovatum* (= *obscurum*) gewöhnt waren. Während der süddalmatinische Karst etwa im Mai die um diese Zeit blühenden Arten sonst nur in locker eingestreuten, wenigblütigen Exemplaren zeigte, blühte das genannte *Helianthemum* in großer Menge auf allen Karstblößen. Die Honigbienen besuchten um diese Zeit fast nur die erwähnten *Helianthemum*blüten, während die Blüten anderer Arten gewöhnlich von anderen Insekten aufgesucht wurden. Diese anderen Blüten hatten meist eine gelbe Farbe: es waren Arten der Gattungen *Leontodon*, *Crepis*, *Senecio*, *Potentilla*, *Ranunculus*, *Lotus* und *Hippocrepis*. An Arten mit blauen oder purpurnen Blüten waren blühend vertreten *Veronica*, *Campanula*, *Polygala*, die ersten Blüten von *Salvia officinalis*. Ferner gab es Blumen von *Anthemis* mit weißem Rand und gelber Mitte, sowie kleine weiße Blüten (mit purpurnen Nerven) von *Aethionema*. Solange die Bestände von *Helianthemum* im Höhepunkt ihrer Blütezeit waren — und darauf kommt es wesentlich an —, wurden von den *Helianthemum*-Bienen alle die erwähnten gelben Blumen unmittelbar nach *Helianthemum*-Besuchen bis auf eine Nähe von 1 bis 0,5 cm angefliegen, doch setzten sich die Bienen auf diese Blumen nicht nieder, sondern flogen gleich weiter zu der nächsten gelben Blume, und erst dann, wenn diese eine *Helianthemum*blüte war, setzte sich das Tier auf sie und sammelte in ihr den Blütenstaub. Dieses Verhalten wird dadurch verständlich, daß die Bienen auch eine natürliche Bindung an den Duft von *Helianthemum* erfahren hatten und daß sie sich erst dann auf die Blume niederließen, wenn sie, die Blumenblätter fast schon berührend, den *Helianthemum*duft wahrnahmen. Die Honigbienen waren also in diesem Falle durch den lange dauernden Besuch der *Helianthemum*blüten auf gelb „dressiert“ worden und äußerten dies durch den Anflug auf gelbe Blumen verschiedener Helligkeit und verschiedenen Farbtönen und durch die Vernachlässigung aller entgegengesetzt gefärbten und weißen Blumen.

Ein Gegenbeispiel hierzu bieten jene Honigbienen, die in den cyanblauen bis rotvioletten Blüten von *Echium vulgare*, einer ebenfalls zu bestimmten Zeiten sehr eifrig besuchten Bienenpflanze, sammelten. Während des Höhepunktes

⁵⁾ Der Ausdruck „Dressieren auf eine Farbe“ drückt, streng genommen, zu viel aus; ich ziehe es daher vor, zur Erzielung größerer Klarheit den Ausdruck „Binden an eine Farbe“ zu gebrauchen.

⁶⁾ Darüber wird noch an einer anderen Stelle eine ausführliche Darstellung gegeben werden.

der Blütezeit dieser Art (sie blühte durch einige Sommerwochen) befliegen die an den *Echium*-Besuch gewöhnten Honigbienen die gleichzeitig dort spärlich blühenden blauen bis purpurnen Blumen von *Delphinium*, *Clematis (viticella)*, *Vicia (dasycarpa)*, *Cichorium*, *Salvia (officinalis)* und *Campanula*. Zur Entnahme von Blütenstaub oder Honig aus diesen Blumen kam es aber nicht. Die Tiere kamen diesen Blumen meist bis etwa 1 cm nahe und flogen dann plötzlich wieder fort oder wendeten sich spätestens bei deren Berührung sogleich wieder von der Blume weg. Dagegen ließen diese *Echium*-Bienen die dort verhältnismäßig häufigen, dem Menschen sehr auffallenden gelben Blumen von *Senecio*, *Leontodon*, *Helianthemum* (Spätblüten), *Lotus*, *Hypericum* und *Verbascum* unbeachtet. Auf diese Weise entsteht eine Stetigkeit im Besuche bestimmter Pflanzenarten. In dieser Stetigkeit liegt enthalten eine Farbstetigkeit im Anfluge und eine Artstetigkeit im Besuche. Diese Artstetigkeit kann aber nur so lange rein bestehen bleiben, als diese Pflanzenart imstande ist, den Bedarf an Blütenprodukten für die gerade dort sammelnden Honigbienen ausreichend zu decken. Durch die Farbstetigkeit bekommen die Bienen ein Hilfsmittel zur groben Auswahl der für den Besuch gerade in Betracht kommenden Blumen, sie wirkt in die Ferne; durch den Duft wird dann eine engere Auswahl in der nächsten Nähe bewirkt, die dadurch von selbst zur Artstetigkeit im Blütenbesuch und zur Kreuzbefruchtung der besuchten Blüten führt. Dabei spielt die Form der Blüte, wie ich sicher feststellen konnte, innerhalb der tatsächlich vorhandenen Verschiedenheit der Blumen verschiedener Gattungen und Arten keine wesentliche optische Rolle.

Die Artstetigkeit tritt je nach den pflanzengeographischen und örtlichen Umständen in verschiedenen Gebieten und verschiedenen Jahreszeiten verschieden deutlich hervor. Während bei den erwähnten zwei Beispielen die Pflanzen im Höhepunkt der Blütezeit eine vollkommene Stetigkeit der sie besuchenden Honigbienen erzielen, war diese am Ende der Blütezeit, wo die Bienen gezwungen waren, ihre Wirte zu wechseln, mehr oder weniger undeutlich oder nur sozusagen als Rückschlag vorhanden. Wenn sich die Bienen dann an die neue Futterpflanze gebunden hatten, war wieder eine neue Stetigkeit in bezug auf die für die Biene in Betracht kommenden Merkmale der Blumenart sichtbar. Auf die überaus lehrreichen Einzelheiten dieser Umstimmungszustände kann ich hier nicht näher eingehen.

Diese Erscheinung der Stetigkeit ist im Sinne der Honigbiene nicht ganz ökonomisch, da ihr dadurch viele brauchbare Futterquellen entgehen, doch ist sie für die Blütenpflanzen im Sinne der Kreuzbefruchtung desto erfolgreicher. Ganz besonders auffallend war die Starrheit dieser Verknüpfung von Farbe und Duft und der Art der Blütenprodukte bei den *Echium*-Honig-

bienen, wenn ich ihnen Blütenstände von *Muscari comosum* zum Besuche darbot. Ein Teil eines solchen Blütenstandes ist hier abgebildet. Die Blütenstandachse trägt an ihrem oberen Ende einen dichten Schopf von langgestielten Blüten, die nur ganz kümmerliche Reste von Geschlechtsorganen und keine Honigdrüsen besitzen, dagegen aber samt ihren langen Stielen stark durchscheinend und lebhaft blau-violett gefärbt sind. Dieser Schopf wurde auch schon früher von Biologen als „ausgehängte Fahne“ für die anzulockenden Blütengäste betrachtet, die als „Schauapparat“ die Fernanlockung auf optischem Wege besorgen sollte. Doch fehlte hierzu bis jetzt jeder Beweis. Unter diesem Schopf stehen dann an kürzeren, etwas herabgekrümmten Stielen zahlreiche schmutziggelbe bis olivfarbige



Oberer Teil eines Blütenstandes von *Muscari comosum* in natürlicher Größe. (Die beiden untersten der hier abgebildeten Honigblüten sind verblüht.)

Blüten, die normal funktionierende Geschlechtsorgane und Honigdrüsen enthalten (Honigblüten). Diese Honigblüten werden am Standorte der Pflanze, wenn sie dort häufig auftritt, sehr lebhaft von Honigbienen besucht. Am Orte meiner *Echium*-Versuche fehlte aber diese Pflanze vollständig. Ich brachte daher einige Exemplare von *Muscari* vom nächsten Standorte auf meinen Versuchsplatz und stellte sie etwa 15–20 cm entfernt von einem gerade blühenden *Echium* auf. Beim Abflug von einem solchen *Echium*zweig wendeten sich die Honigbienen immer nur den blau-violetten Schaublüten von *Muscari* zu, kamen bis zur Berührung an dessen sterile Blüten heran, flogen aber sogleich wieder weg, ohne die unmittelbar darunter befindlichen nektarreichen Honigblüten beachtet zu haben, obgleich die Honigblüten der Exemplare an dem Orte, von wo ich sie gebracht hatte, regelmäßig von Bienen besucht worden waren. Bei diesen

Versuchen war von mir mit Hilfe der später kurz beschriebenen Windmethode die Möglichkeit einer Fernwirkung des Blütenduftes ausgeschlossen worden. Aus allen diesen Versuchen sieht man, daß nicht einmal aus der nächsten Nähe jener allgemeine „Honigduft“, von dem in den blütenbiologischen Büchern soviel geschrieben steht, eine nennenswerte Rolle spielt. Es handelt sich immer um den *spezifischen* Duft der betreffenden Blüte oder des betreffenden Honigs, der in seiner Nahwirkung die Insekten entsprechend lenkt.

Eine derartige natürliche Bindung an bestimmte Farben kommt nicht nur bei Honigbienen, sondern auch bei einer anderen Gattung hochentwickelter Blütenbesucher vor, bei der Gattung *Bombylius*, einer zu den Zweiflüglern gehörigen Insektengattung⁷⁾. Die von mir in zwei aufeinanderfolgenden Jahren monatelang genau studierte Art beflog in jener Zeit, wo sie am häufigsten die Blumen zu besuchen pflegte, nur Blumen mit weißen, rosenroten, blauen oder purpurnen Teilen, beachtete aber die dort vorhandenen gelben Blumen gar nicht. Das hatte darin seinen Grund, daß die während der Flugzeit des Tieres in der Gegend häufigen gelben Blumen Leguminosen waren, deren lebhaft gelbe Teile infolge ihres Baues einem *Bombylius* den Eingang zu dem in der Blüte vorhandenen Honig vollständig versperren. Es konnte also zu keiner Bindung an gelbe Blumen kommen, dagegen wohl zu einer an die anderen farbigen oder weißen Blumen, die den Tieren an leicht zugänglichen Stellen ihrer Blüten reichlich Nektar darboten. Auch diese Tiere beflogen, wenn man ihnen die erwähnten Blütenstände von *Muscari comosum* darbot, regelmäßig die für sie ganz unbrauchbaren blau-violetten Schaublätter bis zur Berührung und beachteten dabei die unmittelbar darunter befindlichen nektarreichen Honigblüten wegen ihrer schmutziggelben Färbung nicht. Dagegen pflegte eine andere, später auftretende Art der Gattung *Bombylius* auch diese Honigblüten zu besuchen, aber sie besuchte auch andere in dessen auftretende gelbe Blumen, deren Blütenprodukte ihr jedoch leicht zugänglich waren.

Zur Ausschaltung der chemischen Fernwirkung der Blumen auf die Insekten (Duftwirkung) wurde bei solchen Versuchen und Beobachtungen der Umstand berücksichtigt, daß sich Dämpfe nicht gegen die Windrichtung oder senkrecht zu ihr durch Diffusion fortbewegen können. Da in den dalmatinischen Küstengegenden, in denen ich meine Versuche ausführte, an sonnigen Tagen wohl nie Windstille eintrat,

so konnte ich durch Verwendung feiner Windfahnen (am geeignetsten war hierzu ein größerer Compositen-Pappus, der an einem Seidenkokonfaden befestigt, frei schweben konnte), die in nächster Nähe der Versuchspflanzen in gleicher Höhe wie diese angebracht waren, stets jene Richtung erkennen, die für ein Abströmen des Duftes gegen das anfliegende Insekt nicht in Betracht kam. Es sind dabei zwei Einschränkungen zu berücksichtigen: 1. Anflüge, die gegen den Wind erfolgen, können auch durch den entgegengewehten Blumenduft gelenkt worden sein; 2. bei Flügen, die mit dem Winde geschehen, könnte das Tier ohne eigene Mitwirkung durch den Luftstrom zur Blume getragen worden sein. Unbedingt ohne Fernanlockung durch den Duft, also auf jeden Fall einwandfrei zur Beurteilung verwendbar sind demnach jene Anflüge, die senkrecht auf die Windrichtung erfolgen, da ein anfliegendes Tier dabei keinen Duft entgegengeweht bekommt und überdies im Fluge beständig dagegen zu kämpfen hat, daß es nicht durch den Wind von der eingeschlagenen Richtung abgetrieben wird. Wenn dennoch ein Insekt senkrecht zur Richtung des über die Blume hinwegstreichenden Luftstroms wohlgezielt gegen sie anfliegt, kann es weder vom Duft gelenkt, noch passiv vom Winde dahingetragen worden sein. Solche Fälle muß man deshalb vor allem als Grundlage der Beurteilung wählen. Durch diese Windmethode stellte ich fest, daß in den erwähnten Beispielen von Farbstetigkeit eine Fernanlockung durch den Duft nicht vorhanden war, was ich überdies durch darauffolgende Versuche mit Blumen, die von Glasröhrchen umschlossen waren (*Glasröhrchenmethode*), bestätigen konnte. Im übrigen war es nach meiner Meinung vollkommen ausgeschlossen, daß an windigen Tagen ein so regelmäßiges Duftgefälle in der Nähe von Blumen zustande kommen konnte, daß die anfliegenden Tiere dadurch imstande gewesen wären, ihren Flug aus der Ferne nach diesem Gefälle zu lenken.

Die derart an die Farbe bestimmter Blumen gebundenen Honigbienen beflogen dann aber nicht nur gleichgefärbte Blüten, sondern beliebige leblose Gegenstände, wenn sie nur entsprechend mit der Bindungsfarbe übereinstimmen. Auch bei solchen Versuchen müssen die Windmethode und die Bedeckung der Objekte mit Glasröhrchen oder Glasplatten angewendet werden, um die Duftwirkung auszuschließen. Aus Glasröhrchen mit verschiedenen darin eingeschlossenen grauen Papieren wurde ein sonst gleichbeschaffenes Glasröhrchen mit dunkel blau-violettem Papier, z. B. von dem erst erwähnten *Bombylius*, mit Leichtigkeit und vollständiger Sicherheit herausgefunden und fast bis zur Berührung angeflogen. Das verwendete blaviolette Papier entsprach hinsichtlich seines „farbloßen Helligkeitswertes“ für den total farbenblinden Zustand des farbentüchtigen Menschauges einem mittleren Grau, das von anderen gleich-

⁷⁾ Diese Gattung ist dadurch sehr bekannt, daß ihre Arten, meist mit einem feinen, singenden Flügelton fliegend, oft plötzlich in der Luft stehen zu bleiben pflegen, um ebenso plötzlich wieder eine andere Stelle aufzusuchen, wenn sie nicht etwa gerade von Blume zu Blume fliegen. In ihrem Aussehen gleichen die Tiere infolge ihres dichten plüschartigen Wollkleides kleinen Hummeln.

zeitig dargebotenen Graupapieren sowohl an Helligkeit als auch an Dunkelheit noch übertroffen wurde. Warum wendeten sich diese Tiere immer, ohne zu schwanken, dem Glasröhrchen mit dem violetten Papier zu, ohne die ihm im Grauwert des eingeschlossenen Papiers nahestehenden Röhrchen je zu beachten? Um diesen Fall richtig zu verstehen, muß man sich zunächst klar vorstellen, wie ein solches Röhrchen, das im Freien im Sonnenschein aufgestellt ist, aussieht. Ein Glasröhrchen, dessen Achse senkrecht zur Erdoberfläche aufgestellt ist, zeigt an der der Sonne zugekehrten Seite einen den Inhalt verdeckenden, hell glänzenden Spiegelstreifen des unmittelbar zurückgeworfenen Sonnenlichtes, von diesem Glanzstreifen nach beiden Seiten nimmt die Helligkeit ab, wobei immer mehr das im Röhrchen eingeschlossene Papier sichtbar wird, bis schließlich auf der der Sonne entgegengesetzten Seite des zylindrischen Röhrchens die größte Dunkelheit erreicht wird; dazu kommen aber noch ringsum zahlreiche Abänderungen der angegebenen Helligkeitsverteilung (und damit auch der Sättigung eines eingeschlossenen farbigen Papiers) durch zahlreiche verschiedene Reflexlichter von den in der Umgebung vorhandenen Gegenständen, von Bäumen, Wolken usw., die alle als deutlich abgegrenzte Streifen sich an dem Röhrchen zeigen. Diese überaus mannigfaltigen Lichtstreifen und Schattenstreifen machen es unmöglich, daß man schlechthin von dem „farblosen Helligkeitswert“ eines solchen im Freien aufgestellten, ein Papier enthaltenden Glasröhrchens sprechen kann. An jedem einzelnen Röhrchen sind alle möglichen Abstufungen von „farblosen Helligkeiten“ vorhanden. Es wäre nun z. B. im erwähnten Falle des *Bombylius* ganz unmöglich, daß dieses Tier das Röhrchen mit dem violetten Papier von dem Röhrchen mit dem grauen etwa auf Grund einer ihm besonders zusagenden „farblosen Helligkeit“ herausfinden könnte, wenn es nicht imstande wäre, die Farbe des eingeschlossenen Papiers zu empfinden und damit sozusagen einen Analogieschluß auf das Vorhandensein der gewohnten Futterquellen zu machen. Diese Überlegung gilt aber auch für jene Versuche, die *Frisch* in ähnlicher Weise mit dressierten Honigbienen und in Glasröhrchen eingeschlossenen Papieren angestellt hat. Sie gilt aber auch in entsprechendem Ausmaß von allen anderen frei im Sonnenschein stehenden Gegenständen, auch von den Blumen.

Betrachten wir nochmals den geschilderten Fall von *Helianthemum*. Diese Pflanze wuchs zwischen den zahlreichen weißen bis rostfarbigen oder mehr oder weniger blaugrauen Karstgesteinstrümmern verschiedener Größe. Die Blumenblätter von *Helianthemum* waren nicht glatt, sondern unregelmäßig zerknittert, so daß beim Anblick kein einheitlicher Helligkeitseindruck der zugekehrten Blumenfläche entstehen konnte. In der farblosen Helligkeit ihrer hellsten Teile waren

diese Blumenblätter nicht die hellsten Gegenstände des Sammelbereiches der Bienen: Zahlreiche Teile der im Sonnenschein oft kreideweiß aussehenden Kalksteinstücke von Blumengröße waren weitaus heller als die Helligkeiten dieses Gelb, und da von dieser größten Helligkeit der Gesteinsstücke alle Übergänge bis zum dunkelsten Grau der in den Steinen oft vorhandenen Löcher und Spalten den Honigbienen entgegentraten, bliebe es ganz unverständlich, wie sich die Tiere einer ihnen besonders zusagenden farblosen Helligkeit folgend nur an die gelben Blumen hätten halten können, ohne sich zu irren und andere gleich helle graue oder andersfarbige Gegenstände anzufliegen. Dazu kämen noch zur Erhöhung der Schwierigkeit für die Honigbienen die zahlreichen Blätter der verschiedenen Pflanzen des Standortes, die, wenn sie spiegelnde Oberseiten besaßen, alle Helligkeiten von den hellsten, das *Helianthemum*-Gelb an Helligkeit übertreffenden Glanzlichtern bis zu den dunkelsten Selbst- und Schlagschatten trugen. Da der Duft bei der Fernwirkung der Pflanzen keine Rolle spielte und auch große Unterschiede in der Blumenform und Blumengröße (innerhalb der in Betracht kommenden Grenzen von 3 bis 30 mm) den Anflug auf die gelben Blumen verschiedenster Art nicht hinderten, so bleibt nur das Empfinden der gelben Farbe als solcher als Wegweiser für diese Bienen übrig. Sonst müßte man den Honigbienen einen nur ihnen eigenen „unbekannten Sinn“ zuschreiben, der sie möglichst irrtumslos aus dem Gewirre der Gegenstände die gelben Blumen herausfinden ließe.

Aus meiner Darstellung kann man entnehmen, daß bei bestimmten Insekten eine Dressur nach der Art, wie sie *Frisch* annimmt, mit Erfolg möglich ist. Die Ergebnisse einer solchen Dressur bei natürlicher Bindung an bestimmte Farben hat damit für die Ansicht von *Frisch* und gegen die von *Heß* entschieden. Dies wird sich aus den ausführlichen Veröffentlichungen meiner Untersuchungen besser zeigen lassen, als aus der hier gegebenen knappen Darstellung.

Die wichtigsten Ergebnisse hatten aber meine Versuche mit dem Tagschwärmer *Macroglossum stellatarum*, dem bekannten Taubenschwanz. Es gelang mir, in Gefangenschaft gehaltene Tiere dieser Art zu „dressieren“, und dabei erhielt ich genau wie *Frisch* zwei Bindungsmöglichkeiten: eine solche für die Gelbgruppe und eine solche für die Blaugruppe der Farbenreihe. Dieselben blaugrünen Papiere, für die nach *Frisch* die Honigbienen farbenblind sein sollen, wurden von den an blaue und gelbe Farben gebundenen Taubenschwänzen ebenso wenig beachtet, wie beliebige graue Objekte. Rot wurde mit Schwarz verwechselt, was auch nicht überraschend ist. Bei geeigneter Versuchsanordnung reagierten die Taubenschwänze sehr gut auf verschiedene Teile des Spektrums durch Anflug und gleichzeitiges Hervorstrecken des Rüssels. Auf diesem Wege

konnte ich feststellen, daß die an gelbe und blaue Farben gebundenen Taubenschwänze die Lichter in der nächsten Nähe der Wellenlänge 500 μ nicht beachten, geradeso wie sie sich um das reine Rot nicht kümmern. Alle Versuche hatten auch bei verlässlicher Ausschaltung jeder Geruchsmöglichkeit den gleichen Erfolg. Sehr wichtig ist, daß der Taubenschwanz gleich nach dem Verlassen der Puppenhülle, bevor er noch als Schmetterling mit irgendeinem Futter in Berührung gekommen war, auf farbige Objekte genügender Sättigung, bei denen durch Glasbedeckung die Duftwirkung ausgeschlossen wurde, mit wohlgezieltem Anflug und Hervorstrecken des Rüssels reagierte. Dieser Schmetterling hat somit eine angeborene „Vorliebe“ für gelbe und blaue Farben, vorausgesetzt, daß er sich gerade in einem entsprechenden Hungerzustande befindet. Dadurch wird das Tier von allem Anfang an auf optischem Wege von ferne zu den Nektarquellen geführt, durch Erfahrung des Tieres kann dann aber zeitweilig eine Festlegung auf eine bestimmte Gruppe von Farben erfolgen, wobei überdies die Helligkeit des Objektes eine, wenn auch untergeordnete Rolle spielt. Eine Auswahl nach dem Dufte findet dabei nicht statt. Somit sprechen auch die Befunde bei *Macroglossum*, über die eine ausführliche Bearbeitung erscheinen wird, für die Anschauungen von *Frisch* und gegen die von *Heß*.

Die mitgeteilten Tatsachen lassen klar erkennen, daß von einer totalen Farbenblindheit aller Insekten nicht die Rede sein kann. Wie weit das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Farben dem des farbentüchtigen Menschauges ähnelt, steht jedoch noch nicht ausreichend fest. Die hier angeführten Insekten sind vielleicht, wie *Frisch* meint, rotgrünblind. Doch ist aus den bisherigen Versuchen nur zu entnehmen, daß eine Bindung an Rot oder Grün nicht gelang. Eine Bindung an reines Rot dürfte nach den bisherigen Erfahrungen wohl auch in Zukunft nicht gelingen. Auch scheint mir die Frage, ob die oben erwähnten Insekten das Blaugrün als Farbe empfinden, noch nicht geklärt. Vielleicht gelingt später auch eine Bindung an Blaugrün. Jedenfalls wird noch sehr viel angespannte Arbeit geleistet werden müssen, bis wir eine einigermaßen befriedigende Klarheit in der Frage des Farbsehens der Insekten erhalten werden. Ich wäre nicht überrascht, wenn dabei Tatsachen gefunden würden, die mit den bestehenden Theorien über das Farbsehen des Menschen nicht in Einklang gebracht werden könnten.

Luftfilter für Maschinenbetriebe.

Von Heinrich Treitel, Berlin.

Die Entstaubung und Entkeimung der Luft für Arbeits- und Versammlungsräume, Verwaltungsgebäude, Krankenhäuser und dergl. ist ein Gebot der Hygiene, dem seit langer Zeit in stei-

gendem Maße Rechnung getragen wird. Auch bei Museenbauten wird neuerdings auf Zuführung entstaubter Luft großer Wert gelegt; gewisse Fabrikationen, z. B. die der photographischen Platten und Films, bedingen staubfreie Räume.

Seit mehr als einem Jahrzehnt hat auch die Maschinentechnik für Maschinen, die von Luft durchströmt werden, eine vorherige Entstaubung nicht mehr entbehren können, vielmehr Staubabscheider als wichtige Teile dem Betrieb eingefügt und dadurch der gesamten Entstaubungstechnik einen neuen Anstoß und eine bedeutende Entwicklung gegeben.

Zwei Gattungen von Maschinen sind es vornehmlich, deren neuere Entwicklung die Vorschaltung von Luftfiltern bedingt: Luftkompressoren und geschlossene elektrische Maschinen. In besonderen Fällen hat man auch bei Großgasmaschinen und Ölmotoren eine Entstaubung der Verbrennungsluft bzw. der Spülluft vorgenommen, um die Arbeitszylinder zu schonen. Kompressoren können noch bis zu mittleren Leistungen als Kolbenkompressoren gebaut werden. Einheiten, wie sie vielfach im Bergwerkbetriebe und für Luftdruck-Verteilungsanlagen großen Stils aufgestellt werden, würden als Kolbenkompressoren unausführbare Abmessungen erhalten und werden als schnellaufende Kreisel- oder Turbokompressoren gebaut. Zur Beurteilung der zu bewältigenden Luftmengen mag angeführt werden, daß diese Maschinen stündlich bis etwa 80 000 m³ atmosphärische Luft auf 6—8 at komprimieren. Die Entstaubung der angesaugten Luft erfolgt bei diesen Maschinen, Kolben- und Turbokompressoren, nicht so sehr im Interesse der Schonung der Maschinen selbst, als vielmehr der zahlreichen kleinen angeschlossenen Druckluft-Arbeitsmaschinen, deren schneller Verschleiß bei Zuführung staubhaltiger Luft durch die Erfahrung festgestellt ist.

Anders verhält es sich bei den geschlossenen elektrischen Maschinen. Zu diesen sind auch offene Transformatoren zu zählen, die in geschlossene, durch einen Ventilator gelüftete Kammern eingebaut sind. Die geschlossene Bauart von elektrischen Maschinen wird häufig bedingt durch ihre Aufstellung in staubhaltigen Räumen, z. B. in Spinnsälen oder Zementfabriken, vor allem aber hat die außerordentlich gedrängte Bauart schnellaufender größerer Einheiten, wie sie die Entwicklung des Turbomaschinenbaues hervorgebracht hat, dazu gezwungen, innerhalb der Wicklung und des Eisens systematisch Luftwege anzuordnen, um die Wärme überall wirksam und gleichmäßig abführen zu können. Der umlaufende Teil kann selbst bei großer Länge, wie sie bei Turbogeneratoren die Regel ist, so ausgebildet werden, daß er sich selbst ventiliert; dem Stator aber muß die Luft unter Überdruck zugeführt werden, wozu fast allgemein Ventilatoren benutzt werden, die auf den Enden des Läufers aufgesetzt sind. Es ist einleuchtend, daß ungereinigte Luft

auf dem vielfach verschlungenen Wege durch die Maschine ihren Staubgehalt überall dort absetzen würde, wo Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen des Luftstromes durch die Konstruktion entstehen. Die Maschine bildet auf diese Weise an sich einen wirksamen Staubabscheider, mit dem Erfolge, daß sehr schwer zugängliche Stellen in kurzer Zeit verschmutzen würden und nicht nur die Luftwege verstopft würden und damit die geregelte Wärmeabführung unterbunden wäre, sondern auch durch Überbrückung von Teilen der Hochspannungswicklung durch Schmutzkrusten eine unmittelbare Durchschlagsgefahr entstehen müßte. Die Zuführung entstaubter Luft ist also bei Turbogeneratoren und den nach gleichen Grundsätzen gebauten großen schnellaufenden Wechselstrommotoren eine Voraussetzung für den störungsfreien Betrieb und, im Gegensatz zu den Kompressoren, ein unerläßlicher Schutz der Maschine selbst. Es mag erwähnt werden, daß zur Beseitigung der auftretenden Geräusche auch die Luftabführung aus den elektrischen Maschinen der betrachteten Gattung in geschlossenen Kanälen geschieht, und man auf diese Weise als Nebenprodukt gewonnene, vorgewärmte Luft anderen technischen Zwecken zuführen kann, z. B. den Feuerungen, Entnebelungsräumen und dergl., wobei unter Umständen auch die Staubfreiheit von großem Wert sein kann.

Es sind verschiedene Wege begangen worden, um die Aufgabe zu lösen, die Luft für diese Maschinenbetriebe wirksam zu entstauben und hierbei die Bedingungen zu erfüllen, die der praktische Betrieb erfordert. Hierunter fällt zunächst ein geringer, möglichst gleichbleibender Widerstand von höchstens 8—10 mm Wassersäule in verschmutztem Zustand, d. h., nachdem die Einrichtung längere Zeit betriebsmäßig benutzt worden ist und reichliche Staubmengen aufgefangen sind. Ferner gute Zugänglichkeit für die Reinigung, leichte Auswechselbarkeit einzelner Elemente, mäßiger Platzbedarf, Beseitigung der Brandgefahr, geringe Betriebskosten.

Man kann die brauchbaren Staubabscheider in 2 Gruppen einteilen, in trockene und nasse. In beiden Fällen bauen sich die für Maschinenbetriebe entwickelten Konstruktionen auf älteren bekannten Lösungen auf, die indessen zahlreiche Mängel aufwiesen. Das erste Luftfilter zum Schutz einer Turbodynamo ist durch den Verfasser im Jahre 1907 für eine Braunkohlengrube der Niederlausitz projektiert worden und ist der Ausgangspunkt einer neuen Industrie geworden.

Auf dem europäischen Kontinent hat das nasse Verfahren bisher wenig Verbreitung gefunden, vielmehr hat die Entwicklung in der Hauptsache die trockenen Entstaubungseinrichtungen auf einen hohen Grad der Vollkommenheit gebracht, wie denn auch jenes erste Filter ein trockenes Filter war. Die trockenen Entstaubungseinrichtungen zerfallen in eigentliche Filter, bei denen der Staub durch ein aufgespanntes Gewebe von

geeigneter Beschaffenheit aufgefangen wird, und in Staubabscheider, in welchen durch mehrfache Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen des regelmäßig oder regellos vielfach unterteilten Luftstromes der Staubgehalt zum Absetzen gebracht werden soll. Gewöhnlich wird hierbei diese Wirkung durch die Rauheit der Flächen, an denen die Luft vorbeistreicht, unterstützt.

Die weitaus größte Anwendung hat das eigentliche Luftfilter gefunden. Hier muß die Luft ein dichtes, besonders hergerichtetes Baumwollgewebe durchströmen, das auf der Lufteintrittseite künstlich geraut ist. Die gewöhnlich zugelassene Geschwindigkeit im Rohluftkanal beträgt etwa 10 m/sek. In dem entsprechenden Querschnitt läßt sich das Filter nicht unterbringen. Vielmehr muß der Kanal zu einer begehbaren Kammer erweitert werden, damit das Filter ein- und ausgebaut und gereinigt werden kann. Aber auch der erweiterte Kammerquerschnitt, in welchem die Geschwindigkeit auf etwa den zehnten Teil ermäßigt wird, genügt nicht, um durch einfaches Einschalten einer gespannten Tuchwand ein Filter von dem zulässigen Widerstand zu bilden. Dieser bedingt vielmehr eine Filterfläche, die etwa das 360-fache des ursprünglichen Kanalquerschnittes beträgt, entsprechend einer Beanspruchung des Filters mit 100 m³ stündlichem Luftdurchgang pro m² und einer Durchflußgeschwindigkeit von etwa 0,03 m/sek.

Die allgemein gebräuchliche Lösung der Aufgabe, eine so große Filterfläche gedrängt unterzubringen, besteht in zickzackförmiger Anordnung des Tuches. Früher benutzte man eine durchgehende lange Tuchbahn, die über ein System von Holzrahmen so gespannt wurde, daß seitlich überall vollständige Abdichtung zwischen Roh- und Reinluftraum hergestellt war. Später bevorzugte man Einzeltaschenfilter; tiefe, keilförmig genähte Taschen werden über leichte Holzrahmen gezogen (s. Fig. 1), in einem Gestell aneinander gereiht und durch eine Spannvorrichtung so angezogen, daß die Taschen sich eng an die Rahmen anlegen und eine zuverlässige Abdichtung gegen das Gestell erreicht wird. Das Gestell selbst ist in der Kammer dicht eingebaut. Die Luft tritt von außen in die Taschen ein, so daß das Tuch sich an die Stäbe des Rahmens anlegen kann. Da der Winkel des Keiles sich vielfach 1° nähert, würden bei umgekehrter Anordnung die Tuchflächen aufgebläht werden und zusammenschlagen. Die günstige Wirkung dieser Filter beruht darin, daß die Luft unter sehr spitzem Winkel an der haarigen Tuchfläche vorbeistreicht und beim Durchgang durch das Gewebe ihre Richtung und Geschwindigkeit plötzlich erheblich ändern muß. Die Reinigung der Filtertaschen erfolgt durch Absaugen mittelst eines Staubsaugers beliebiger Art oder durch Waschen. Fig. 2 zeigt die Gesamtanordnung des Filters.

Ein Nachteil des Tuchfilters ist unzweifelhaft

seine Feuergefährlichkeit. Aus diesem Grunde hat man fast stets eine Imprägnierung des Tuches vorgenommen, doch birgt in vielen Fällen der Staub selbst (Kohlenstaub, Wollstaub, Sägespäne und dergl.) die Feuersgefahr in sich, die bei dem starken Luftstrom durch Bildung einer Stichflamme zur sofortigen Zerstörung der Maschine führen muß, wie es Fälle der Praxis erwiesen haben. Man hat sich hiergegen durch Sicherheitsklappen zu helfen gewußt, die durch leicht entzündliche oder schmelzende Konstruktionselemente in der Offenstellung arretiert werden.

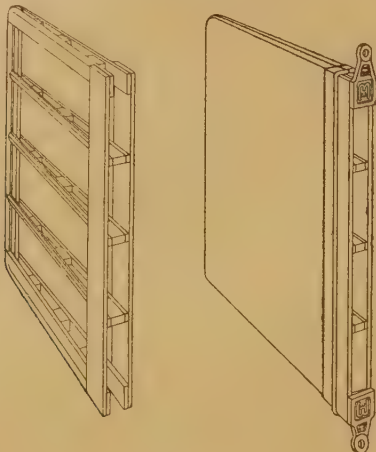


Fig. 1.

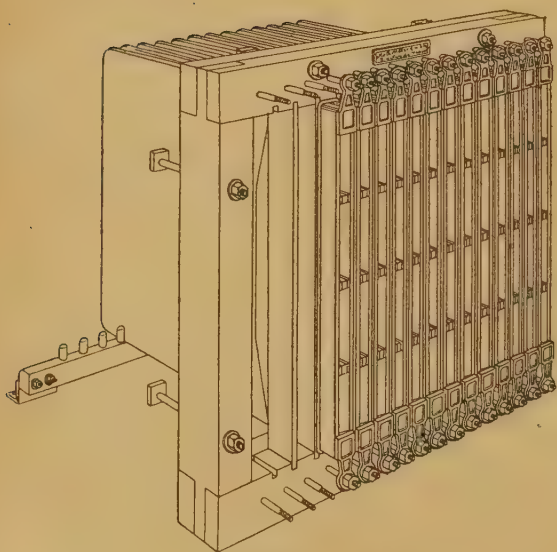


Fig. 2.

Unter den Staubabscheidern haben eine gewisse Verbreitung diejenigen gefunden, die an Stelle des Gewebes eine große Anzahl gespannter rauher Schnüre benutzen; indessen ist für einigermaßen zuverlässige Wirkung eine ziemlich bedeutende Tiefe der Fadenreihen erforderlich, die von vornherein einen unerwünscht großen Widerstand ergibt. Ohne Bedeutung sind Abscheider mit Füllung durch Koks, Kies, Reisig, Watte und dergleichen.

Die Kriegsverhältnisse haben die Beschaffung geeigneter Gewebe zunächst erschwert und bald unmöglich gemacht. Die Luftfilterindustrie sah sich vor die Aufgabe gestellt, Ersatzkonstruktionen auszubilden, die sämtlich, da sie Textilstoffe nicht enthalten, als Abscheider anzusprechen sind. Als Oberflächenkörper wird allgemein eine Füllung von Stahlringen verwendet, deren Höhe gleich ihrem Durchmesser ist, so daß sie, zwischen Wände aus Drahtgewebe geschüttet, regellos fallen und der Luft einen vielfach unterteilten und verschlungenen Weg weisen und einigermaßen Gewähr dafür bieten, daß größere freie Durchlässe sich nicht einstellen. Die Schnittflächen der Rohrstummel sind nach innen umgebördelt, wodurch noch die Zahl der Querschnittänderungen erhöht wird. Die ganze Konstruktion ist aus Eisen und Stahl aufgebaut und ihr Raumbedarf geringer als der von Tuchfiltern. Es ist auch leicht, die Einrichtung aus einzelnen auswechselbaren Normalelementen zusammenzusetzen, was die Reinigung erleichtert, die lediglich durch Schütteln erfolgen soll; die Feuersgefahr ist herabgesetzt, da nur der Staub selbst, nicht aber die Einrichtung in Brand gesetzt werden kann. In den Einzelheiten weichen die Bauarten voneinander ab. Da die Abscheidefähigkeit der dicksten, mit Rücksicht auf den Widerstand zulässigen Schicht dieser Rohrschüttung nicht ausreicht, wird sie kombiniert mit vorgeschalteten groben und feinen Sieben aus Drahtgewebe, mit Stagnationsräumen und allgemeinen scharfen Ablenkungen des Luftstromes. Zur Erhöhung der Abscheidung werden die Oberflächenkörper auch mit viskosen, nicht verdunstenden Flüssigkeiten, z. B. Glycerin, benetzt.

Die Erfahrungen mit diesen Ersatzkonstruktionen können noch nicht als abgeschlossen gelten, namentlich liegen noch keine über eine längere Zeit sich erstreckenden Betriebsergebnisse vor, die den Grad der Durchlässigkeit der trockenen stofflosen Filter schätzen lassen. Es liegt die Befürchtung nahe, daß bei nicht sorgfältiger Wartung aufgehäufter Staubmengen gelegentlich aufgewirbelt werden und unfehlbar in die Maschine gelangen. Auch dem Viscinofilter haften noch gewisse Mängel an.

Auch der Gedanke der Luftwaschung ist unter dem Druck der Kriegsverhältnisse wieder aufgenommen worden und hat Verbesserungen der bisherigen Anordnungen gezeitigt. Das Mißtrauen gegen diese Naßluftfilter gründet sich auf die Befürchtung, daß durch einen erhöhten Feuchtigkeitsgehalt der Luft, vor allem aber durch mitgerissene Tropfen die Isolationsfestigkeit der Wicklung leiden könnte. Hiergegen spricht die weite Verbreitung dieses Verfahrens in den englischsprechenden Ländern. Auch die Überlegung, daß — wirksame Tropfenabscheidung vorausgesetzt — die Luft an warme Maschinenteile gelangt und darum Niederschläge an der Wicklung nicht eintreten werden, vielmehr die

relative Feuchtigkeit der Luft sinken muß, beschwichtigt diese Bedenken. Es ist auch nicht wahrscheinlich, daß die infolge der Verdunstung des Wassers zunehmende relative Feuchtigkeit die Grenzen überschreitet, die durch die atmosphärischen Verhältnisse in ungünstigen Fällen auftreten. Auch ist es leicht durchführbar, erforderlichenfalls den eintretenden Luftstrom durch Zusatz erwärmter Abluft zu trocknen. Durch die Verdunstung wird namentlich bei heißem, trockenem Wetter eine sehr wirksame Kühlung der Luft erreicht, die der Maschine zugute kommt. Lediglich der Fall erheischt besondere Aufmerksamkeit, daß bei der Inbetriebsetzung die Maschine kälter ist als die Außenluft. In diesem Falle kann man eine Anwärmung vornehmen, indem man die Maschine kurze Zeit mit in sich geschlossenem Luftstrom arbeiten läßt.

Die Naßluftfilter bestanden früher aus einer Einrichtung, welche die Luft durch einen Regen von fein verteilten Wassertropfen streichen ließ. Eine kleine Pumpe drückte das Wasser im Kreislauf durch ein System von Brausen oder Zerstäuberdüsen; dahinter hatte eine Anzahl von Prallstäben die Wassertropfen abzuschneiden, und von der Wirksamkeit dieser Einrichtung hing die Brauchbarkeit des Ganzen ab. Die neueren Bauarten vermeiden den freien Tropfenfall, berieseln vielmehr eine Anzahl Holzplatten von besonderem Profil, hinter denen zur Sicherheit noch ein trockener Abscheider ähnlicher Konstruktion angeordnet ist. Die Wahrscheinlichkeit des Mitreißen von Wassertropfen ist bei dieser Bauart eine geringe. Der Widerstand dieser Luftwascher ist eher kleiner als derjenige der vorher beschriebenen Abscheider mit Oberflächenkörpern. Die Feuersicherheit ist eine vollständige, die Staubabscheidung scheint eine recht gute zu sein. Die Kosten der Pumparbeit sind verhältnismäßig kleine.

Es ist nicht uninteressant, zu beobachten, wie auch auf diesem Nebenzweig der Technik die Schwierigkeiten des Krieges brauchbare und entwicklungsfähige Gedanken hervorgebracht haben.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Zur Streitfrage nach dem Farbensinn der Bienen (K. v. Frisch, im Biologischen Zentralblatt, 39. Bd., Nr. 3, März 1919). Wie C. v. Heß lehrt, sind die Fische und zahllose wirbellose Tiere, darunter die Bienen, total farbenblind — genau so farbenblind wie das Menschenauge, dem nicht Gelb, sondern Gelbgrün bis Grün am hellsten erscheint, und dem das Spektrum am langwelligen Ende verkürzt ist. Gegen diese Auffassung ist, wie bekannt, K. v. Frisch mit der Überzeugung aufgetreten, daß der Schluß nicht zwingend sei. Wenn für den total farbenblinden Menschen, so hat er eingewendet, eine bestimmte Helligkeitsverteilung im Spektrum charakteristisch ist, muß nicht jedes Wesen, für welches die gleiche Kurve der Helligkeitsverteilung gilt, total farbenblind sein. v. Heß

suche zwar diese Ansicht bloßzustellen, indem er sage, v. Frisch hätte es als unzulässigen Analogieschluß bezeichnet, daß er „ein Wesen, das die Merkmale der totalen Farbenblindheit zeigt, als total farbenblind betrachte“, doch habe v. Heß keineswegs gefunden, daß die betreffenden Wesen die Merkmale der totalen Farbenblindheit, sondern daß sie ein Merkmal der totalen Farbenblindheit des Menschen zeigten, nämlich die für den total farbenblinden Menschen charakteristische Helligkeitsverteilung im Spektrum. Als das wesentliche Merkmal totaler Farbenblindheit könne nicht gelten, daß die Farben in einer bestimmten relativen Helligkeit erschienen, sondern daß die Farben nur nach ihrer Helligkeit, nicht nach ihrer Qualität unterschieden würden. Gelegentlich zwar habe v. Heß eingesehen, daß ein bei den Fischen etwa doch vorhandener Farbensinn jedenfalls mindestens hinsichtlich der Helligkeitsverhältnisse der von ihnen gesehenen Farben wesentlich anders geartet sein müsse als der menschliche; doch habe er sich in zahlreichen späteren Arbeiten immer wieder auf den Satz festgelegt, daß der Helligkeitssinn seiner Tiere mit dem des total farbenblinden Menschen übereinstimme. Und so meine er auch den objektiven Nachweis der totalen Farbenblindheit der Bienen erbracht zu haben, indem er sage, daß die Helligkeitswerte der Farben für die Bienen die gleichen seien wie für den total farbenblinden Menschen.

„Ist ein Tier total farbenblind, so sagte sich v. Frisch dagegen, so sieht es eine Farbe, sagen wir ein Gelb, genau so wie ein Grau von bestimmter Helligkeit. In einer Serie grauer Papiere, welche in hinreichend feinen Helligkeitsabstufungen von Weiß bis zu Schwarz führt, muß also ein Grau enthalten sein, welches für das Tier mit dem Gelb identisch ist. Wenn man ihm nun ein gelbes Blatt in einer solchen Serie grauer Blätter von gleicher Form, Größe und Oberflächenbeschaffenheit vorlegt, so kann es das gelbe Blatt nicht mit Sicherheit herausfinden, es muß dasselbe mindestens mit einem der grauen Blätter verwechseln.“ Man muß nur das Tier veranlassen, nach der gewünschten Farbe zu suchen, und dies geschieht am einfachsten durch Dressur mit Hilfe von Futter.“ Er hat daraufhin Bienen auf verschiedentliche Farben dressiert und nachgewiesen, daß sie Orangerot, Gelb, ein gelbliches Grün, Blau, Violett, Purpurrot mit Sicherheit von allen Graubstufungen unterscheiden. Sie haben somit Farbensinn. — Er konnte weiter zeigen, daß sie ein gewisses Rot mit Schwarz, daß sie Blaugrün mit Grau verwechseln; daß sie ferner innerhalb der „warmen“ und „kalten“ Farben zu einer Unterscheidung der Farbenabstufungen nicht befähigt sind, daß sie einerseits Orangerot mit Gelb und Grün, andererseits Blau mit Violett und Purpurrot verwechseln. „Das Verhalten der Bienen erinnert sehr an die Symptome, die für rot-grünblinde Menschen, und zwar für die Protanope charakteristisch sind.“ Wenn v. Heß aus diesen Darlegungen einmal entnommen habe, daß hinsichtlich des Rot v. Frisch bereits seiner Meinung sei, und später die Wendung gebrauche, daß er für die Bienen „bereits Rot-Grün-Blindheit zugegeben“ hätte, so müsse v. Frisch feststellen, daß er nichts von seinen früheren Angaben zurückgezogen habe; „ich habe niemals behauptet, versichert er, oder auch nur als wahrscheinlich hingestellt, daß der Farbensinn der Biene mit dem des normalen farbenblinden Menschen übereinstimme.“

Soweit der bisherige Stand des Für und Wider in

dem so unnötig erbittert geführten Streite. Die kürzlich erschienenen neuen v. Heßschen „Beiträge zur Frage nach einem Farbensinn bei Bienen“ (im Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 170 (1918), S. 337–366) haben K. v. Frisch abermals auf den Plan gerufen, ihn zu der obigen Übersicht über den Streitfall veranlaßt und zu einer ausführlichen Polemik aufgerufen, die kennen muß, wer in dem Fragenkomplex ein Urteil gewinnen will. Neue Versuche werden dabei nicht mitgeteilt. „Zu solchen liegt kein Anlaß vor. Denn v. Heß bringt keinen einzigen Einwand, der durch eine gewisse Berechtigung zu einer Wiederholung oder Modifikation meiner Versuche herausfordern würde.“ Krumbach.

Über das Innere der Erde (Walter Klußmann, *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, XIV. Bd., 1. Heft, Leipzig 1915, Wilh. Engelmann [erschienen als Dissertation bei der phil. Fakultät der Universität Göttingen]). Während man bei den älteren Untersuchungen über die Konstitution des Erdinneren meist von der Annahme ausging, daß die Dichtzunahme gegen das Innere zu eine stetige ist, hat Wiechert in seiner 1897 erschienenen Arbeit über die Massenverteilung im Innern der Erde diese Annahme fallen gelassen und vorausgesetzt, daß in einer gewissen Tiefe ein Dichtigkeitssprung stattfindet. Neuere Untersuchungen auf dem Gebiete der Erdbebenforschung haben dies nicht nur bestätigt, sondern es sind sogar mehrere Unstetigkeitsflächen nachgewiesen worden, deren Tiefen zu 1193, 1712 und 2454 km angegeben werden. Von diesen ist die mittlere am wenigsten deutlich ausgesprochen.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit von Klußmann war, die Wiechertschen Untersuchungen, die zur Annahme eines Eisenkernes im Innern der Erde geführt haben, fortzusetzen, und unter der Annahme hydrostatischen Gleichgewichtes, das heißt also, daß die äußere Oberfläche und die Unstetigkeitsflächen der Dichte im Innern mit Niveauflächen zusammenfallen, die Dichte der einzelnen Schichten zu bestimmen. Da nur bei einer homogenen Masse das Ellipsoid Niveaufläche sein kann, so mußten sich Abweichungen von der Ellipsoidform ergeben, welche auch zu bestimmen waren. Zu diesem Zweck war die Mitnahme von Gliedern 4. Ordnung notwendig. Über die Dichte des Mantels wurden verschiedene Annahmen gemacht (3,0, 3,2, 3,4, 3,6), zum Schlusse aber 3,4 bevorzugt. Die Trennungsfläche bei 1712 km wurde als zu wenig gesichert nicht berücksichtigt. Aus den gefundenen Dichtewerten ergab sich, daß für den Kern als Material Eisen, Nickel und Kobalt in Betracht kommt, mit einer Dichte von 7,8 bis 8,9, für die Mittelschicht Eisenerz mit einer Dichte von etwa 5,5, während der Mantel aus Gesteinen mit der Dichte 3,4 gebildet wird. Die Abweichungen vom Ellipsoid betragen bis zu 3 m. A. P.

Die Erdgestalt und die Hauptträgheitsmomente A und B der Erde im Äquator aus Messungen der Schwerkraft (A. Beroth, *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, XIV. Bd., 3. Heft, Leipzig 1919, W. Engelmann). Die Methode der Bestimmung der Erdgestalt aus Schweremessungen rückt immer mehr in den Vordergrund, seit sich die Zahl der Stationen und die Genauigkeit der Beobachtungen so bedeutend gesteigert hat. Sie hat auch insofern den Vorzug vor der Methode, die auf den Gradmessungen beruht, als die Schweremessungen einer besseren geographischen Ver-

teilung fähig sind und zu ihrer Ausführung einen viel geringeren Apparat erfordern. Da man heute bereits über fast 3000 Stationen verfügt, erschien der Versuch aussichtsvoll, nicht nur einen neuen Wert für die Abplattung herzuleiten, sondern auch eine vielleicht vorhandene Elliptizität des Äquators nachzuweisen. Auch ein Unterschied zwischen der Nord- und der Südhalbkugel mußte sich zeigen.

Eine Schwierigkeit bot die Auswahl der Stationen. Gewisse Gegenden sind dicht mit solchen bedeckt, während andere fast leer sind; manche Gebiete lassen vermuten, daß die Schwerewerte stark durch Störungen beeinflusst sind; während man anderswo wieder auf normalen Verlauf rechnen darf. Es wurde daher die Ausgleichung nach 3 Gesichtspunkten vorgenommen. Im 1. Falle sind alle Stationen mitgenommen; nur einige zweifelhafte wurden ausgeschaltet. Im 2. Falle wurden Gewichte eingeführt, um das Übergewicht allzustark besetzter Gebiete herabzudrücken. Im 3. Falle endlich sind die Stationen nach gewissen Gesichtspunkten ausgewählt worden. So wurden alle Stationen in Gebirgsgegenden und in 100 km Umkreis derselben, ferner alle Beobachtungen in tief eingeschnittenen Tälern, an größeren Binnenseen, auf isolierten Bergen und alle Stationen von über 1500 m Seehöhe oder mit Schwerestörungen über $100 \cdot 10^{-3} \text{ cm sec}^{-2}$ ausgeschlossen. In allen Fällen wurde noch zwischen Küsten- und Festlandstationen unterschieden. Als Hauptresultat, abgeleitet aus den 400 für den 3. Fall ausgewählten Festlandstationen, wird angenommen: Die Beobachtungen der Schwerkraft auf der Erdoberfläche weisen darauf hin, daß das Erdellipsoid in geringem Maße vom Rotationsellipsoid abweicht, indem sie einen Halbachsenunterschied im Äquator von etwa 150–200 m erkennen lassen, und zwar derart, daß die große Äquatorachse in -10° (westl. Greenw.), also in den Atlantischen Ozean fällt, die kleine somit gegen Vorderindien geht. Die Abplattung im Meridian von Greenwich wird mit $297,8 \pm 0,7$ bestimmt. Auch ein kleiner Unterschied der beiden Halbkugeln wird festgestellt. Die Küstenstationen führen zu einem ähnlichen Ergebnis, nur ergibt sich ein konstanter Unterschied von $+0,041 \text{ cm sec}^{-2}$ im Sinne: Küste—Festland, in guter Übereinstimmung mit dem Helmertschen Werte $+0,036 \text{ cm sec}^{-2}$. Der kleine Unterschied der Hauptträgheitsmomente im Äquator, den der Ausgleich ergibt, kann natürlich auf den Unterschied der beiden Äquatorachsen zurückgeführt werden. Er kann aber bei kreisförmigem Äquator seinen Grund in Massenunregelmäßigkeiten haben. Schon die Erfüllung der Prattischen Hypothese, nach der unter dem Meere eine Anhäufung schwerer Massen sein müßte, die somit der Erdachse näher liegen als die Festlandsmassen, verlangt einen von der Wasserverteilung abhängigen Unterschied zwischen A und B, der allerdings recht klein ausfällt. Nimmt man aber an, daß der Meeresboden einen Massenüberschuß über das Erfordernis der Isostasie vorstellt, so läßt sich der Unterschied zwischen A und B durch einen bis zur Ausgleichsfläche in 120 km Tiefe reichenden Dichteüberschuß $\Delta\theta = 0,035$ erklären. Rechnet man nicht für eine homogene, sondern eine inhomogene Erde und legt das Helmerzsche Dichtegesetz zugrunde, so reicht man schon mit $\Delta\theta = 0,02$ aus. Der hochinteressanten und sehr verdienstvollen Arbeit soll noch ein 2. Teil folgen, der aber infolge des Krieges noch nicht erschienen ist. A.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 25. (Seite 435—450)

20. Juni 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die Grundlagen der Kinematographie. Von *Dr. W. Merté, Jena*. S. 435.

Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten. Von *Prof. Dr. R. Seeliger, Greifswald*. S. 443.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Reisen im südlichen Mittel-Amerika. Geo-

graphisches und Archäologisches aus Kurdistan. Geographische Feldzugerlebnisse. S. 446.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Absolute Helligkeit der Sterne. Eine neue Methode von *V. Bjerknes* zur Verbesserung der Wettervorhersage. S. 449—450.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheisswerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36,— für den Jahrgang, M. 9,— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Hg. Leisegang } Potsdamerstr. 138
Berlin } Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Verlag von Julius Springer in Berlin

Soeben erschienen:

Deutschlands Finanzlage nach dem Kriege

Rede, gehalten in der Deutschen Nationalversammlung am 15. Februar 1919

Von **Schiffer**
Reichsminister der Finanzen

Preis M. 1.—*

*) Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

In diesen Tagen erscheint:

Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen

Ein Lehr- und Handbuch für Studierende und Konstrukteure

Von

Prof. **Heinrich Dubbel**, Ingenieur

Vierte, umgearbeitete Auflage

Mit 540 Textfiguren

Gebunden Preis M. 20,—

Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Grundlagen der Kinematographie¹⁾.

Von Dr. W. Merté, Jena.

Die vorliegende Darstellung soll in kurzer Zusammenfassung die Grundlagen der Kinematographie behandeln. Zu diesem Zwecke teilen wir unsere Ausführungen in zwei Abschnitte ein, indem wir im ersten von den *psychologischen* und *physiologischen* Bedingungen sprechen, die beim Menschen die kinematographischen Täuschungen hervorrufen, und im zweiten Abschnitte von den *technisch-physikalischen* Einrichtungen und Anordnungen, die geeignet sind, jene Bedingungen herbeizuführen.

1. Die psychologischen und die physiologischen Bedingungen der Kinematographie.

Schon längst bekannt ist, daß eine Reihe in sich *unbewegter* Bilder, die mehr oder weniger unmittelbar aufeinanderfolgende Bewegungszustände von Personen oder Gegenständen zeigen, den Augen genügend schnell nacheinander dargeboten, unter Umständen den Eindruck eines Bildes sich *bewegender* Personen oder Gegenstände erweckt. Die Ursache dieser Erscheinung glaubte man ursprünglich in der schon *Ptolemäus* bekannten Eigentümlichkeit des Auges gefunden zu haben, daß die Lichtempfindung eines auf das Auge einwirkenden Lichtreizes bei dessen plötzlicher Unterbrechung längere oder kürzere Zeit braucht, um abzuklingen. — Wir betrachten diese Anschauung, die die kinematographischen Gesichtstäuschungen durch „*Nachbildwirkungen*“ zu erklären sucht, hier als *überholt*, werden aber trotzdem nachher über die Nachbildwirkung noch Näheres zu sagen haben, da sie für die heute üblichen Kinematographen, wenn auch nicht eine grundlegende, so doch eine sehr wichtige Bedeutung hat.

Um das eigentliche Wesen der kinematographischen Gesichtstäuschungen zu ergründen, kann man sich nach *P. F. Linke*²⁾ am bequemsten des erstmalig im *Zeißwerk* zu Jena hergestellten Tautoskops bedienen, einer Projektionseinrichtung, „die das Prinzip der Kinematographie gewissermaßen auf seinen einfachsten Ausdruck bringt“. Sie besteht im wesentlichen in der

¹⁾ Auf Anregung der Schriftleitung gedenke ich von Zeit zu Zeit über Fragen der Kinematographie zu berichten. Der vorliegende Aufsatz gibt einen kurzen Überblick über die Grundlagen der Kinematographie und dient als Einleitung der beabsichtigten Aufsätze.

²⁾ *P. F. Linke*, Grundfragen der Wahrnehmungslehre, München 1918, E. Reinhardt, S. 269 ff.

Neben- oder Übereinanderanordnung zweier gleicher Projektionsapparate, deren Objektive auf dem Schirm möglichst genau dasselbe Bildfeld auszeichnen. Setzt man nun in jeden der beiden Apparate je ein Diapositiv ein, das auf schwarzem Grunde je einen horizontalen bzw. einen um 60° gegen die Horizontale geneigten, hellen Strich trägt, und projiziert die beiden Striche nacheinander auf den Schirm, so sieht man bei richtiger Wahl des zeitlichen Abstandes der beiden Projektionen den horizontalen Strich eine Drehung um 60° in die Lage des zweiten Striches ausführen. Der Beobachter sieht also statt der *zwei* Striche nur *einen*, der sich eben aus der horizontalen Lage in die zweite um 60° zu dieser geneigten dreht, er *identifiziert* die beiden Striche. Er sieht den momentanen Ortswechsel des identisch bleibenden Striches, ohne aber die Bewegungsbahn, die Bewegungsphasen des Striches auch bei gespanntester Aufmerksamkeit feststellen zu können. Bringt man nämlich an einer Stelle des Bildfeldes zwischen den beiden Endlagen eine dauernd sichtbare, dünne Linie an, über die der Strich bei seiner Drehung hinweggleiten müßte, so sieht man bei der Projektion wohl den Strich seine Dre-



Fig. 1.



Fig. 2.

Diapositivbilderpaar zum Tautoskopversuch.

hung ausführen, aber jene Linie bleibt in ruhigem Verharren vollkommen unberührt von dem sich deutlich bewegenden Strich. Dieses *Bewegungssehen ohne Bewegungsphasen* und *ohne bewegtes Objekt* ist nach *P. F. Linke* ein typisches Beispiel für „Umgestaltung auf Grund assimilativer Wahrnehmung“. Wie man etwa einer aus Punkten zusammengesetzten Linie in der Wahrnehmung unmittelbar die Gestalt des Kreises zuerkennt, obwohl nicht einmal eine geschlossene Kurve vorliegt, so wird in dem Falle unseres Versuches am Tautoskop eine Gegebenheit, der in der eigentlichen Wahrnehmung die Kriterien der Bewegung fehlen, zwangsläufig als Bewegung vorgestellt, so daß das Vorgestellte der Wirklichkeitssuggestion eigentlicher Wahrnehmung teilhaftig wird und hierdurch mit sinnlicher Lebhaftigkeit wahrgenommen wird. Fig. 1 zeigt ein weiteres Diapositivbilderpaar. Bei der Projektion der *beiden* Figuren in angemessenen zeitlichen Abständen sieht man die deutliche Bewegung einer *einzigen*, nämlich einen Winkel, der zu einer Linie zusammen- und bei entsprechender Fort-

setzung des Versuches wieder zum Winkel auseinanderklappt. Benutzt man die beiden Diapositivbilder, die Fig. 2 darstellen soll, so kann die tautoskopische Projektion auch dieser einander weniger ähnlichen Figuren den Schein der Bewegung einer Figur hervorrufen. Man sieht dabei die geradlinigen Seiten des Dreiecks sich allmählich umbiegen, bis sie einen Kreis bilden und umgekehrt. In analoger Weise kann man z. B. auch einen Apfel sich in eine Birne verwandeln lassen.

Werden die beiden *ruhenden* Bilder, die die Endphasen einer sichtbaren *Bewegung* darstellen sollen, hinsichtlich der Gestalt oder auch noch des Ortes allzu verschiedenartig gewählt, so wird der Bewegungseindruck gestört. Es werden dann nicht nur qualitativ, sondern auch numerisch verschiedene, d. h. zwei getrennte Gebilde gesehen, nicht mehr eins, das sich verändert oder gegebenenfalls seinen Ort wechselt. Es muß also zwischen den einzelnen zur bewegten Einheit verschmelzenden Bildern eine Ähnlichkeit bestehen, besonders wohl hinsichtlich der räumlichen Eigenschaften (Gestalt, Lage). Die Ähnlichkeit der Farbe hat nach bisher vorliegenden Versuchsergebnissen nur eine sehr geringe Bedeutung. Abschließende Untersuchungen, auf Grund deren die zur Identifikationstäuschung notwendige Ähnlichkeit genau bestimmbar wäre, harren noch der Erledigung.

Zur Erzeugung der Identifikationstäuschung oder des sogenannten „stroboskopischen Effektes“ ist aber neben der Ähnlichkeit auch eine genügend schnelle Aufeinanderfolge der Bilder notwendig, so daß sie dem Bewußtsein ein „jetzt“ (in der „psychischen Präsenzzeit“) vorliegendes, zusammengehöriges Ganze etwa in demselben Sinne sind, in welchem man dies von den sukzessiven Teilen eines gesprochenen Wortes oder von den Tönen einer Melodie sagen kann. Die Bewegung wird dann *unmittelbar wahrgenommen* (ähnlich wie beispielsweise die des Sekundenzeigers einer Uhr) und nicht (wie die des Stundenzeigers) auf Grund eines reproduktiven Erinnerungsaktes *erschlossen*. Man kann also sagen, die Projektionen müssen pausenlos erfolgen, um die stroboskopische Täuschung zu erzielen; wird die Pause zu lang, so kann die Identifizierung nicht mehr eintreten; werden die Bilder gleichzeitig projiziert, so kann auch keine stroboskopische Bewegung gesehen werden; denn Bewegungs- oder Umwandlungsphasen eines Gegenstandes können selbstverständlich nicht gleichzeitig sein.

Nicht unerwähnt mag bleiben, daß es stroboskopische Erscheinungen gibt, die in *bloßen* Identifikationen bestehen, ohne daß eine Bewegung vorgetäuscht wird. Dieser Fall tritt offenbar bei der Projektion von (hinsichtlich der räumlichen Eigenschaften) völlig gleichartigen Bildern durch ein Tautoskop oder durch einen Kinoprojektor ein. Auch hier ist nur bei pausenloser

(aber nicht gleichzeitiger oder in langen Zwischenräumen erfolgender) Projektion der Bilder der Eintritt des reinen stroboskopischen Effektes möglich. Die *ruhenden* Titelüberschriften, die bei kinematographischen Vorführungen mitunter den einzelnen Szenen vorangehen, sind ein Beispiel solcher stroboskopischen Täuschungen; sie sind, durch hinreichend schnell aufeinanderfolgende Projektionen einer großen Reihe unter sich in jeder Beziehung gleicher Filmbilder dieser Überschriften zustande gekommen, eine echte Identifikationstäuschung, ohne daß sich mit dieser, eben infolge der *Gleichartigkeit* der zur Einheit identifizierten zahlreichen Bilder, der Eindruck von Bewegung verknüpft.

Bei unseren Versuchen am Tautoskop kann man leicht zeigen, daß die Vortäuschung der Identität und der Bewegung auch dann noch eintritt, wenn die Projektionen des ersten und zweiten Phasenbildes zeitlich nicht ganz unmittelbar nacheinander erfolgen, sondern vielmehr beide Gesichtswahrnehmungen durch eine kurze, aber immerhin bemerkbare Zwischenzeit getrennt sind, in der ein dunkler, über das Bildfeld hinweggleitender Schatten beobachtet werden kann. Damit ist nachgewiesen, daß die kinematographische Täuschung auch ohne die physiologische Verschmelzung der zugehörigen Netzhautreize (Nachbildwirkung) eintritt, daß also die *pausenlose* Projektion *psychologisch* (im Sinne der psychischen Präsenzzeit) zu verstehen ist.

Bei den heute üblichen Kinoprojektoren mit *ruckweise bewegtem* Filmband, über die später noch näher zu handeln sein wird, spielt gleichwohl jener physiologische Verschmelzungsvorgang eine wichtige Rolle. Soweit seine Gesetze für die Kinematographie in Betracht kommen, sollen diese jetzt hier Erwähnung finden. Bei den genannten Apparaten steht das Filmbild während der Projektion unbeweglich fest im „Bildfenster“. Die Weiterfortschaltung dieses Bildes und das Eintreten des nächsten Bildes in das Fenster wird, um den Gesamteindruck der Projektion nicht zu stören, durch eine rotierende dunkle Blende verdeckt. Der dadurch bedingte Wechsel von hell und dunkel machte sich bei den älteren Apparaten als ein „Flimmern“ sehr unangenehm bemerkbar. Durch empirische Untersuchungen ist man aber dahin gekommen, diese Flimmererscheinung fast vollkommen zu vermeiden. Läßt man nämlich Lichtreize in allmählich immer rascherer Folge auf die Netzhaut einwirken, so gelangt man über die Stadien der Wahrnehmung der Einzelreize und des Flimmerns hinweg zu dem Stadium der Verschmelzung, bei dem ein ganz stetiger Lichteindruck erzeugt wird. Die für die Verschmelzung notwendige Anzahl der Lichtwechsel in der Sekunde ist durch die „*Verschmelzungsfrequenz*“ gegeben. Die meisten Gesetze der Verschmelzungsfrequenz kann man bequem mit rotierenden Kreisscheiben, auf denen sich schwarze

bzw. weiße Sektoren befinden, ermitteln. Da es nach Untersuchungen von Baader¹⁾ für die Verschmelzung belanglos ist, ob der Lichtwechsel wie bei der kinematographischen Projektion in dem ganzen beobachteten Feld gleichzeitig erfolgt, oder wie bei der Beobachtung jener rotierenden Scheiben die Grenze zwischen hell und dunkel über die Netzhaut hinläuft, so können die mit diesen Scheiben gewonnenen Ergebnisse unmittelbar auch auf die Projektionen durch Kinoparapparate mit ruckweise bewegtem Filmband angewandt werden. Der einfachste Fall ist offenbar, bei dem eine Scheibe mit je einem gleich großen weißen und schwarzen Sektor (vgl. Fig. 3) benutzt wird, d. h. der Fall, in dem die Einwirkungs- und Unterbrechungszeiten des Lichts gleich lange dauern. Es läßt sich leicht feststellen, daß für diesen Fall, in dem das sogenannte „Sektorenverhältnis“ den Wert 1 besitzt, die Verschmelzungsfrequenz mit steigender Intensität des intermittierend einwirkenden Lichtes zunimmt. Die bisher überhaupt beobachteten Werte für die Verschmelzungsfrequenz liegen etwa zwischen 10 und 70 pro Sekunde. T. C. Porter²⁾ ist es sogar gelungen, für das Sektorenverhältnis 1 die Abhängigkeit der Verschmelzungsfrequenz von der Lichtstärke mathematisch zu formulieren. Für die aus hygienischen Gründen³⁾ günstigste



Fig. 3. Scheibe zur Bestimmung der Verschmelzungsfrequenz. Sektorenverhältnis 1 : 1.

Beleuchtungsstärke des Projektionsschirmes von 50 Meterkerzen ergibt die Rechnung dann eine Verschmelzungsfrequenz zu 46,8. Nimmt man als untere Grenze der noch zulässigen Beleuchtungsstärke etwa 10 Meterkerzen an, so berechnet sich hierfür die Verschmelzungsfrequenz zu 38. Die modernen Kinoprojektoren erreichen nicht einmal diese untere Grenze der Verschmelzungsfrequenz (die übliche Zahl der Bildwechsel pro Sekunde beträgt nämlich bei ihnen etwa 20), da wegen der beschränkten Festigkeit von Film und Mechanismus die Geschwindigkeit der Bildfolge eine gewisse Größe nicht überschreiten darf. Durch Variierung des Sektorenverhältnisses kann man nun aber die Verschmelzungsfrequenz nicht unerheblich herabsetzen und damit der praktischen Erfüllung der theoretischen Forderung

näher kommen. Marbe⁴⁾ hat, um zu numerischen Angaben zu gelangen, ein feststehendes Diapositiv projiziert, durch rotierende Scheiben, die der Reihe nach nebenstehend zur Darstellung gebracht sind (vgl. Fig. 4—8), den Strahlengang der Projektionsanordnung periodisch unterbrochen und die „kritische Periodendauer“, aus der sich die Verschmelzungsfrequenz unschwer berechnen läßt, bestimmt. Die folgende Zusammenstellung 1, die aus den Mittelwerten zweier von Marbe angegebenen Versuchsreihen gewonnen ist,

Zusammenstellung 1.

Relative Wirkungs- dauer des ausgeschnitt. Sektors	geschlos- senen Sektors	Verschmel- zungs- frequenz	Sektoren- verhältnis
1	7	25	1/7
1	3	28,2	1/3
1	1	31,3	1
3	1	27,4	3
7	1	20,8	7

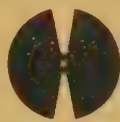


Fig. 4.

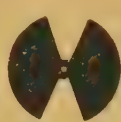


Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

	Ausgeschnittener Sektor	Geschlossener Sektor	Verhältnis
Fig. 4 . . .	22° 5'	157° 5'	1 : 7
Fig. 5 . . .	45°	135°	1 : 3
Fig. 6 . . .	90°	90°	1 : 1
Fig. 7 . . .	135°	45°	3 : 1
Fig. 8 . . .	157° 5'	22° 5'	7 : 1

zeigt, daß für das Sektorenverhältnis 1 die Verschmelzungsfrequenz ein Maximum ist. Die Marbeschen Resultate sind zwar bei verhältnismäßig geringer Beleuchtungsstärke (die Lichtquelle war eine Glühlampe) ermittelt worden, und vermutlich ist die Wirkung des Sektorenverhältnisses von dieser nicht ganz unabhängig; seine Messungen stimmen aber gut mit den Erfahrungen, die man bei der in der Regel bedeutend lichtstärkeren kinematographischen Projektion gemacht hat, überein.

Wählt man nun eine Blendenscheibe, deren Sektorenverhältnis größer als 1 ist, so erreicht man neben der erwünschten Verringerung der Verschmelzungsfrequenz noch eine bessere Lichtausbeute, da ja die mittlere Helligkeit nach der unter dem Namen des Talbotschen Gesetzes bekannten Regel mit wachsendem Sektorenverhältnis offenbar größer werden muß. Diese Erkenntnisse für unsere Kinoprojektoren angewandt, würden verlangen, daß man die Ruhestellung des Films, in der die Exposition des Bildes stattfindet, möglichst lang dauernd läßt im Verhältnis zu der Zeit, in der der Film weiter geschaltet wird. Aber auch hier sind Grenzen gesetzt, da mit ab-

¹⁾ W. Nagel, Handb. d. Physiologie d. Menschen, Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, III. Bd., S. 256.

²⁾ T. C. Porter, Contributions to the study of Flicker in Proceedings of the Royal Society of London, September 1902, S. 313 ff.

³⁾ H. Lehmann, Die Kinematographie, Bd. 358 d. Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt“, B. G. Teubner, Leipzig 1911, S. 29.

⁴⁾ K. Marbe, Theorie der kinematographischen Projektionen, J. A. Barth, Leipzig 1910, S. 50 ff.

nehmender Filmtransportzeit Film und Mechanismus immer stärker beansprucht werden. Aus diesem Grunde wird ein Sektorenverhältnis von 5 kaum überschritten.

Um das Flimmern in noch höherem Grade unschädlich zu machen, hat man daher schon lange noch andere Mittel in Anwendung gebracht. So hat man z. B. den Sektor, der die Bildfortschaltung verdeckt, mit Schlitzten oder Löchern versehen, aus Mattglas angefertigt, oder auf ähnliche Weise die Verdunklung aufgehellt, natürlich immer so, daß die Bewegung des Filmbandes nicht bemerkt werden kann. Bei solchen Anordnungen hebt sich das Bild gewissermaßen nur von einer halbdunklen Wand ab, es erscheint daher lichtschwächer und auch flauer. Wichtiger als diese Verringerung des Flimmerns durch Herabsetzung der Reizschwankungen ist die durch Einschaltung überzähliger Verdunklungen herbeigeführte Abschwächung der Flimmererscheinung. Solche Verdunklungen kann man z. B. dadurch erreichen, daß man der Blendenscheibe neben dem eigentlichen Abdecksektor, der den Bildwechsel unsichtbar macht, noch weitere dunkle Sektoren einfügt, die während der Ruhestellung des Bildes im Fenster den Strahlengang unterbrechen. Zwar geht selbstverständlich hierdurch Licht verloren, aber durch die Anwendung derartiger mehrflügliger Blenden läßt sich das Flimmern vollkommen unterdrücken. Beispielsweise sind nach Ergebnissen aus Versuchen Marbes¹⁾ an Scheiben, die mit schwarzen und weißen Sektoren entsprechend den nebenstehenden Fig. 9—14 versehen waren, die Verschmelzungsfrequenzen n berechnet und in Zusammenstellung 2 angegeben.

Zusammenstellung 2.

Scheibe nach	n	Scheibe nach	n
Fig. 9	35,46	Fig. 12	20,24
Fig. 10	32,47	Fig. 13	21,83
Fig. 11	35,97	Fig. 14	23,70

gestört, als wenn man die gleichen periodisch unterbrochenen Lichterscheinungen in einem hellen Raume beobachten würde. Andere hier nicht erwähnte Eigenschaften, Regeln oder Gesetze der Verschmelzungsfrequenz sind für unser vorliegendes Problem weniger von Belang.

Die durch den stroboskopischen Effekt vorge-täuschten Bewegungen erfolgen nach ganz bestimmten Prinzipien. So spricht Linke von dem „Prinzip des kürzesten Wahrnehmungsweges“. Dieses besagt, daß in der Regel die stroboskopische Bewegung in der Richtung des kürzesten Weges zustande kommt. Zur näheren Erläuterung brauchen wir nur unseren ersten Versuch am Tautoskop etwas zu variieren. Nehmen wir an, daß die Diapositivbilder der beiden Endphasen nicht zwei um 60° gegeneinander geneigte Striche darstellen, sondern vielmehr zwei Striche, die einen Winkel, der größer als 90° ist, miteinander einschließen, so ergibt den kürzesten Weg von der Lage des ersten Striches in die des zweiten nicht mehr die Drehung um die Winkelgröße, sondern die erwähnte Regel bestimmt dann eine andere Art der Bewegung, beispielsweise ein Gleiten aus der einen in die andere Lage. Eine Folge dieses



Fig. 9.



Fig. 10.

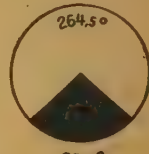


Fig. 11.

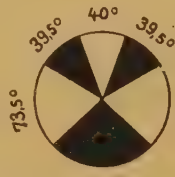


Fig. 12.

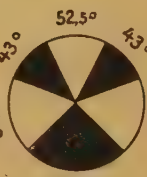


Fig. 13.

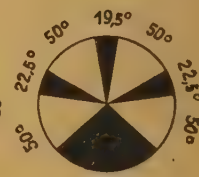


Fig. 14.



Fig. 15. Figuren zur Erklärung des „Radphänomens“.

In bemerkenswerter Weise sind die Flimmererscheinungen vom Adaptationszustand des Auges abhängig. Bei genügend hohen Lichtstärken (bei sehr kleinen liegen die Verhältnisse allerdings anders) nimmt die Verschmelzungsfrequenz mit zunehmender Dunkeladaptation ab. Man wird also im allgemeinen nach hinreichend langem Verweilen im Dunkeln durch das Flimmern weniger

Sachverhalte ist es auch, daß unter Umständen stroboskopische Bewegungen vorgetäuscht werden, die dem objektiven Bewegungsvorgang, dessen Phasenbilder beispielsweise mit einem Kinaufnahmeapparat gewonnen seien, gar nicht entsprechen. Häufig kommt eine solche Vortäuschung falscher Bewegungen bei der kinematographischen Darstellung fahrender Wagen zustande. An Hand der obenstehenden Fig. 15 ist die Erklärung dieser Erscheinung leicht. Es

¹⁾ Vergl. o. S. 43 ff.

seien durch Fig. I und V zwei aufeinanderfolgende Aufnahmen des Rades dargestellt, d. h. zwischen je zwei Aufnahmen hat das Rad sich um genau einen Speichenwinkel gedreht; das Rad scheint, da alle Speichen der Form und Größe nach völlig gleich sind und deswegen sämtlich ohne weiteres miteinander identifiziert werden können, stillzustehen. Hat sich dagegen das Rad zwischen je zwei Aufnahmen um einen Winkel, der kleiner bzw. größer als ein halber, aber immer noch kleiner als ein ganzer Speichenwinkel ist, weitergedreht, so wird auf Grund des Prinzips des kürzesten Wahrnehmungsweges eine Vorwärts- bzw. Rückwärtsdrehung durch Identifikation vorgetäuscht. Fig. I und II bzw. I und IV stellen diese beiden Fälle dar. Hat sich schließlich entsprechend der Fig. I und III das Rad zwischen je zwei Aufnahmen immer gerade um genau einen halben Speichenwinkel gedreht, so führt offenbar das Prinzip des kürzesten Wahrnehmungsweges zu einer Unbestimmtheit. Man kann da ein Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen oder ein Pendeln des Rades um seine Achse sehen, je nach der Autosuggestion des Beobachters; bei hinreichend hoher Bildwechselfrequenz aber scheint das Rad stillzustehen und die Anzahl der Speichen ist scheinbar verdoppelt.

Wählt man für die Projektion eine andere Geschwindigkeit des Films, als man bei der Aufnahme anwandte, so erhält man eine bezüglich der Geschwindigkeit „falsche“ Bewegung vorgetäuscht. Man kann auf diese Weise z. B. Blüten sich innerhalb weniger Minuten entfalten oder Geschosse langsam ihre Bahn ziehen sehen. Solche Anordnungen, bei denen die Aufnahmegeschwindigkeit (die Aufnahme findet in diesen Fällen meist mit Spezialapparaten statt) wesentlich von der Projektionsgeschwindigkeit abweicht, können wichtige wissenschaftliche und technische Einblicke gewähren. In dieser Hinsicht bekannt geworden ist das *Zeitmikroskop* von *Lehmann*¹⁾, das Bewegungsvorgänge bemerkbar macht, die unserer natürlichen Wahrnehmungsfähigkeit wegen ihres schnellen Verlaufes entgehen würden.

2. Die technische Herbeiführung der psychologischen und physiologischen Bedingungen der Kinematographie.

Zur Herbeiführung der Bedingungen, durch deren Erfüllung die stroboskopischen Täuschungen erzeugt werden, sind Apparate mannigfachster Art ersonnen worden; ja, diese Täuschungen kommen sogar frei in der Natur vor. In dem engen Rahmen unserer Betrachtungen genügt es, nur kurz bei den älteren Apparaten zu verweilen, um dann über die neuzeitlichen kinematographischen Anordnungen und Einrichtungen wenigstens das Wesentlichste sagen zu können.

Etwa mit dem zweiten Drittel des vorigen Jahrhunderts begann die Tatsache der strobos-

¹⁾ Ausgeführt von den Ernemann-Werken A.-G., Dresden.

kopischen Bewegungstäuschungen allgemeineres Interesse zu gewinnen. Neben der Anwendung stroboskopischer Apparate für die verschiedensten Gebiete experimenteller Forschung ging man bald dazu über, diese Apparate auch Zwecken der Unterhaltung dienstbar zu machen. Das sogenannte *Lebensrad* oder *Phänakistoskop* ist einer der einfachsten und ältesten „kinematoskopischen“ Apparate. Es wurde fast gleichzeitig von *Plateau* und *Stampfer* erfunden. Das Lebensrad besteht aus einer Kreisscheibe, die um eine durch ihren Mittelpunkt gehende, zu ihrer Ebene senkrechte Achse drehbar ist. Auf einem zu dieser konzentrischen Ring sind die Bilder der Bewegungsphasen eines Gegenstandes angebracht, und zwar so, daß zeitlich aufeinanderfolgende Phasen auch räumlich auf der Scheibe aufeinanderfolgen.

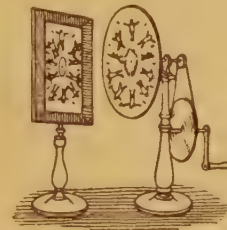


Fig. 16. 'Das Lebensrad'.



Fig. 17. Anschütz' Schnellseher.

Über oder neben diesen Bildern befindet sich ein Spalt in radialer Richtung. Kehrt man die die Bilder tragende Seite der Scheibe einem Planspiegel zu, dreht die Scheibe mit hinreichender Geschwindigkeit und sieht durch die Spalte nach dem Spiegel, so erscheint unter bzw. neben den ruhenden Spalten der Gegenstand in Bewegung. Fig. 16 bringt das geschilderte Lebensrad zur Darstellung.

Außer den scheibenförmigen Vorrichtungen führten sich auch zylindrische Apparate ein. Ein solcher ist *Anschütz' Schnellseher*, der in Fig. 17 abgebildet ist. Hier befinden sich die Phasenbilder eines bewegten Gegenstandes auf der Innenseite eines Hohlzylinders, der um seine Achse drehbar ist. Neben oder über den Bildern sind achsenparallele Schlitze angebracht. Durch diese kann man auf die gegenüberliegende innere Seite des Zylinders sehen, bei dessen genügend schneller Drehung

die Phasenbilder zur stroboskopischen Bewegung „verschmelzen“. Diese einfachsten Formen von stroboskopischen Apparaten sind nach den verschiedensten Richtungen hin verbessert und sogar mit Projektionseinrichtungen versehen worden, um die lebenden Bilder auch einem größeren Kreis von Zuschauern gleichzeitig vorzuführen. Sie alle haben den Nachteil, daß nur solche Vorgänge mit ihnen gezeigt werden können, die sich durch eine geringe Zahl von Teilbildern darstellen lassen, und bei denen sich die Bewegungen periodisch wiederholen, so daß also die Endphase der Bilderreihe sich an die Anfangsphase unmittelbar anschließt. Für die Untersuchung vieler physikalischer Erscheinungen leisten sie aber ausreichende Dienste.

Von der größten Bedeutung für die weitere Vervollkommenung der Kinematographie sind die Versuche geworden, auf *photographischem* Wege die Phasenbilder zu gewinnen. Die ersten kinematographischen Aufnahmeapparate, die die Momentphotographie benutzten, besaßen meist für jedes Bildfeld ein besonderes Objektiv. Mit diesen älteren photographischen Anordnungen war man daher auf eine verhältnismäßig geringe Bilderzahl beschränkt, und viele hatten den Nachteil, daß die mit ihnen erhaltenen Teilbilder stereoskopische Abweichungen zeigten. Einen größeren Fortschritt bedeutete daher die „*Mareysche Flinte*“. Bei dieser ist in den Schaft einer Flinte, in deren Laufmündung sich ein Objektiv befindet, an Stelle des Schlosses ein Bewegungsmechanismus und eine photographische Platte eingesetzt. Durch den Abzug der Flinte läßt sich mittelst eines Uhrwerkes der Bewegungsmechanismus in Tätigkeit setzen, der die Platte ruckweise derart um eine zu ihrer Ebene senkrechte Achse dreht, daß sie innerhalb einer Sekunde eine volle Umdrehung zurücklegt und dabei zwölfmal stillsteht. Während des Stillstandes erfolgt jedesmal eine Aufnahme. *Marey* studierte seit etwa 1882 mit diesem Apparat die Flugbewegung der Vögel. War die Bilderzahl auch noch beschränkt, so war die *Mareysche Flinte* doch schon ein recht leistungsfähiger, verhältnismäßig einfacher Aufnahmeapparat. Durch Ersatz der photographischen Glasplatte durch lange Bänder aus Papier, die die lichtempfindliche Schicht trugen, und die durch einen Mechanismus ruckweise von einer Rolle ab- und auf eine zweite aufgewickelt wurden, konnte *Marey* die Bilderzahl fast beliebig erhöhen. Zwischen den beiden Rollen wurde der „Film“ während des Stillstandes durch ein Objektiv belichtet, das bei der Bewegung des Papierbandes jedesmal abgeblendet wurde. Im Jahre 1889 schlägt *Friese-Green* als Bildträger den *Zelluloidfilm* vor, und damit beginnt die Entwicklung des eigentlichen modernen Kinematographen.

Schon aus unseren bisherigen Erörterungen über die Vorläufer der neuzeitlichen Kinoapparate erkennen wir, daß die physikalisch-technischen

Vorrichtungen, die die Vorführung lebender Bilder ermöglichen, sich in zwei Gruppen teilen lassen, nämlich in die Einrichtungen, die bestimmt sind, geeignete Phasenbilder zu gewinnen, und dann in die Anordnungen, mit deren Hilfe diese als lebende Bilder gezeigt werden können. Die hier in Betracht kommenden Apparate sind heute in den weitaus überwiegenden Fällen neben dem nötigen Zubehör einmal die *Kino-Aufnahmekammer* und ferner der *Kino-Projektor*. Die zahlreichen Spezialkonstruktionen, besonders für wissenschaftliche und technische Zwecke, werden hier nicht berücksichtigt werden. Diese beiden Apparate, Aufnahmekammer und Projektor, haben Verschiedenes gemeinsam, z. B. den Film und einen Mechanismus, der den Film bewegt.

Der Film besteht aus einem Zelluloidband von 35 mm Breite und oft mehr als 100 m Länge. Da das Zelluloid sehr feuergefährlich ist, wird der Film neuerdings auch aus Zellit hergestellt, einem Fabrikat der Elberfelder Firma Bayer & Co., das nur schwer brennbar ist. Die einzelnen Filmbilder sind 18×24 qmm groß; am Rand ist der Film mit einer Perforation versehen, und zwar kommen auf das Bild 4 Löcher auf jeder Seite, in die der Fortbewegungsmechanismus eingreift. Die Maße des Films sind durch internationales Übereinkommen so gewählt, daß jeder Film in jeden Apparat paßt. Das Filmband wird durch eine Antriebsvorrichtung von einer Vorratsrolle auf eine Aufnahmerolle gewickelt und dabei an dem Bildfenster, in dem der Film der Belichtung (Aufnahme) bzw. der Beleuchtung (Projektion) ausgesetzt wird, vorbeigeführt. Während der Belichtung (Beleuchtung) muß offenbar der im Bildfenster befindliche Teil des Films zum Stillstand gebracht sein. Man hat dafür zwei Lösungsarten gefunden, eine mechanische und eine optische, d. h. entweder bleibt der betreffende Teil des Filmbandes tatsächlich für kurze Zeit im Fenster in Ruhe stehen, oder aber die Bewegung des Filmbandes wird optisch aufgehoben, die kontinuierliche Bewegung wird „optisch stationär“ gemacht. Von diesem Gesichtspunkte aus würden die kinematographischen Apparate (Aufnahmekammer und Projektor) in zwei Gruppen einzuteilen sein:

1. diejenigen, bei denen der Film im Fenster absatzweise fortgeschaltet wird;
2. diejenigen, bei denen das Filmband kontinuierlich durch das Filmfenster hindurchbewegt wird.

Die in der Praxis üblichen Apparate gehören heute noch fast ausschließlich zu der ersten Gruppe. Die nebenstehende Fig. 18 zeigt schematisch die Filmführung in einem Kinoapparate; auf Besonderheiten, wie sie sich an den Modellen der verschiedenen Fabriken finden, wird hier selbstverständlich nicht Rücksicht genommen. Durch die mit gleichförmiger Geschwindigkeit gedrehte Zahntrommel *B* (Vorwickler) wird das Filmband von der Vorratsspule *A* abgewickelt

und dem Bildfenster *D* zugeführt. Dabei bauscht sich der Film, solange er im Fenster *D* stillsteht, zwischen *B* und *D* zu einer Schleife *C*. Hinter dem Fenster *D* befindet sich eine Zahntrommel *E*, die das im Fenster befindliche Filmbild ruckweise weiterreißt; dadurch wird die Schleife *C* aufgezehrt, und ein neues Bild tritt in das Fenster ein. Hinter der Trommel *E* bildet sich ein zweiter Bausch *G*. Dieser wird durch die stetig gedrehte Trommel *F* aufgebraucht und der Film auf die Spule *H* aufgewickelt. Durch Wiederholung des geschilderten Vorganges wird Bild für Bild, nachdem es kurze Zeit im Fenster stillgestanden hat, ruckweise aus diesem weitertransportiert. Die Bewegung der Zahntrommel *E* erfolgt durch eine Malteserkreuz-Einrichtung¹⁾ (andere Mechanis-

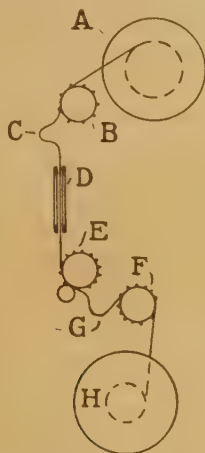


Fig. 18. Schema der Filmbandführung durch einen Kinoapparat mit ruckweise bewegtem Film.

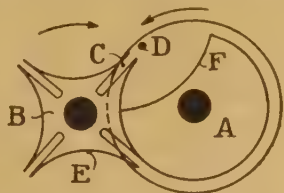


Fig. 19. Schema des Maltesergesperres.

men zur absatzweisen Fortschaltung des Filmbandes, wie „Greifer“, der sich häufig bei Aufnahmeapparaten findet, „Schläger“ und „Reibungsscheiben“ seien hier nur dem Namen nach erwähnt). Eine solche zeigt schematisch Fig. 19. Das eigentliche Malteserkreuz *B* sitzt auf der Achse der Zahntrommel *E* (s. Fig. 18), deren Zähne in die Perforationen an den Filmrändern eingreifen, und ist mit dieser fest verbunden. Eine Scheibe *A* ist mit einer größeren, mit einem Stift oder Einzahn *D* versehenen Scheibe auf einer gemeinschaftlichen Achse befestigt. Wird nun die Achse, auf der diese beiden Scheiben sitzen, gedreht, so kann das Malteserkreuzrad *B* und mit ihm die Trommel *E*

(s. Fig. 18) sich nicht bewegen, solange die Scheibe *A* an dem Bogenstück *E* des Malteserkreuzes anliegt. Sobald aber der Stift *D* in einen der Schlitze *C* des Kreuzrades eingreift, wird dieses unter Einwirkung des Einzahnes *D* gedreht, wobei die Aussparung *F* in der Scheibe *A* den Vorbeigang der vorspringenden Spitzen des Schlitzes *C* gestattet; der Film wird dabei durch die Zahntrommel *E* (s. Fig. 18) um eine Bildhöhe weitergeschaltet. Bei der in Fig. 19 dargestellten Einrichtung sind 4 Umdrehungen des Einzahnrades notwendig, um das Kreuzrad einmal herumzubewegen. Ist der Umfang der Trommel *E* (s. Fig. 18) so gewählt, daß er gleich der Summe der Höhen von 4 Filmbildern ist, so wird bei einer Vierteldrehung dieser Trommel das Filmband um genau ein Bild ruckweise weiterbewegt. Die Malteserkreuzrad-Einrichtung kann gegenüber der in Fig. 19 dargestellten auch auf die verschiedenste Weise modifiziert werden. Es gibt z. B. Ausführungen, bei denen viel mehr als 4 Umdrehungen des stifttragenden Rades notwendig sind, um eine volle Umdrehung des Kreuzrades herbeizuführen.

Nach den Erörterungen des ersten Abschnittes werden bei der Projektion, wenn die Zeit der Ruhestellung des Films im Fenster im Verhältnis zur Zeit der Fortschaltung, des Ruckes, möglichst lang ist, zwei Vorteile erreicht; einmal wird das Licht besser ausgenutzt, und dann wird auch das Flimmern wesentlich herabgesetzt. Durch bestimmte Wahl der Abmessungen von Kreuzrad und Einzahnrad kann man die Transportzeit herabsetzen; eine Grenze ist ja aber durch die Festigkeit von Film und Mechanismus gesetzt.

Die Aufgaben, die die Kinoapparate mit ruckweise bewegtem Filmband zu lösen haben, sind, kurz zusammengefaßt, folgende:

Der Mechanismus muß den Film genau um eine Bildbreite weiterschalten und ein ruhiges „Stehen“ des Bildes bewirken; die Transportzeit ist auf ein Mindestmaß zu bringen bei möglicher Schonung von Film und Apparat. Diese Forderungen sind bei den modernen Kinoapparaten im allgemeinen genügend erfüllt. Ein Nachteil aller Systeme mit absatzweiser Filmfortschaltung ist die verhältnismäßig geringe Bildwechselfrequenz, die durch die Beanspruchung des Materials bedingt ist; insbesondere bei den Projektionen ist ferner der Lichtverlust durch die rotierenden Blenden, die den Bildtransport zu verdecken und auch meist das Flimmern zu verringern haben, prinzipiell nicht zu vermeiden.

Diese Nachteile können bei den Apparaten mit stetig bewegtem Filmband beseitigt werden. Bei ihnen bewegt sich auch durch das Bildfenster der Film mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Sowohl für die Aufnahme wie für die Projektion ist es notwendig, diese Wanderung des Films im Fenster zu kompensieren. Das wird bei den nun zu be-

¹⁾ Eine eingehendere Theorie des Malteserkreuzes gibt C. Forch auf S. 15 ff. seines Buches: Der Kinematograph und das sich bewegende Bild, Wien und Leipzig, A. Hartlebens Verlag, 1913.

sprechenden Anordnungen durch optische Hilfsmittel erreicht, und zwar unterscheiden wir hier drei Möglichkeiten. Die Filmbewegung im Fenster kann optisch aufgehoben werden:

1. durch ein oder mehrere bewegte Objektive,
2. durch Einschaltung von katoptrischen Ausgleichssystemen in den abbildenden Strahlengang,
3. durch Einschaltung von dioptrischen Ausgleichssystemen in den abbildenden Strahlengang.

Von den unter 1. genannten Systemen seien hier die Ausführungsformen erwähnt, bei denen sich ein Objektiv geradlinig und parallel, immer in der gleichen räumlichen Anordnung zum zugehörigen Film bewegt. Bei der Aufnahme sehr weit entfernter Gegenstände oder der Projektion auf einen in größerer Entfernung liegenden Schirm ist, da dann der Reduktionsmaßstab bzw. die Vergrößerung (der entsprechende Wert sei mit n bezeichnet) sehr groß ist, die Wanderung von Film und Objektiv praktisch ohne Bedeutung. Will man mit nur einem Objektiv auskommen, so kann man das Objektiv in einer Schlittenführung parallel zum Filmbild mit diesem wandern lassen,

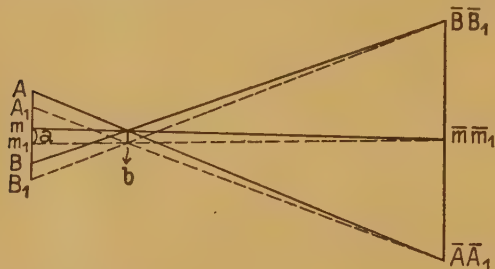


Fig. 20. Schematische Darstellung des Abbildungsvorganges durch ein um die Strecke b geradlinig und parallel zum Film gewandertes Objektiv. Dieser ist aus der Stellung AB um die Strecke a in die Stellung A_1B_1 weitergeführt. Die überstrichenen Buchstaben stellen die Bilder der entsprechenden, nicht überstrichenen Buchstaben vor.

um dann, wenn das nächste Bild zur Abbildung gelangen soll, das Objektiv in die Ausgangsstellung zurückzuführen und das gleiche Spiel zu wiederholen. Besser als solche Apparate mit einem oszillierenden Objektiv sind die Ausführungsformen, bei denen sich eine Reihe von Objektiven in kreisförmiger Anordnung etwa auf einer rotierenden Scheibe befinden. Da dann aber die Objektive nicht genau geradlinig wandern, ist bei höheren Ansprüchen Vorsorge zu treffen, den sich daraus ergebenden Fehler unschädlich zu machen. Die nebenstehende Fig. 20 zeigt schematisch den Abbildungsvorgang beim optischen Ausgleich durch ein geradlinig wanderndes Objektiv. Bezeichnet man mit a die Verschiebung des Filmbildes und mit b die des Objektivs, so muß nach den Abbildungsgesetzen

$$b = a \cdot \frac{1+n}{2+n+\frac{1}{n}}$$

sein, um den Ausgleich herbeizuführen. Für $n = \infty$ wird in der Tat $b = a$.

Das Prinzip des optischen Ausgleichs der Bildwanderung durch einen bewegten Spiegel ist schon lange, bevor man an Kinematographen mit stetig bewegtem Filmband dachte, beim Helio- staten angewandt worden. Auch von den *katoptrischen Systemen*, die das wandernde Filmbild optisch stationär machen sollen, sind die verschiedensten Ausführungsformen angegeben worden. Sie benutzen je nach den Verhältnissen eine geringe oder große Anzahl von Spiegeln, die oszillierende oder rotierende Bewegungen ausführen. Fig. 21 zeigt schematisch eine Anordnung, bei der durch eine stetig gedrehte prisma-

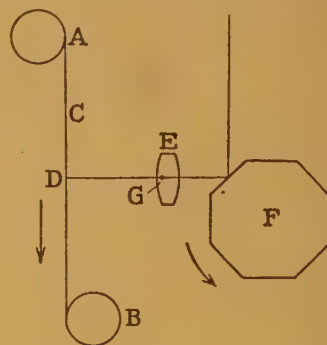


Fig. 21. Schematische Darstellung eines optischen Ausgleichssystems, das aus einer vor dem Objektiv befindlichen, rotierenden Spiegeltrommel besteht.

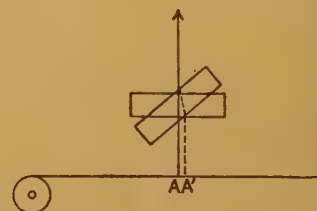


Fig. 22. Schematische Darstellung des optischen Ausgleiches durch Drehung einer Planparallelplatte.

tische Linsentrommel F , deren Seitenwände von Planspiegeln gebildet werden, der Ausgleich erfolgt. Der Film C wickelt sich von der Rolle A mit gleichförmiger Geschwindigkeit ab und auf die Rolle B auf. E ist das Objektiv, und D sei die Mitte eines Filmbildes, das sich in der Zeichnung gerade in der Stellung befindet, wo der Hauptstrahl des abbildenden Strahlenbüschels für D mit der optischen Achse von E zusammenfällt. Je ein Filmbild und ein Spiegel der Trommel, deren Querschnitt ein regelmäßiges Vieleck ist, treten bei der Bewegung stets miteinander in Wechselbeziehung, um immer von dem nächsten Elementenpaar abgelöst zu werden. Ist G der dem Film zugekehrte Hauptpunkt des Objektivs E , bezeichnet man GD mit f und die halbe Bildhöhe mit h , so ist der halbe Bildwinkel w gegeben durch: $\tan w = \frac{h}{f}$. Bewegt sich ein Filmpunkt um den Winkel $2w$ durch das Bildfenster hin-

durch, so darf sich nach dem Reflexionsgesetze der Spiegel nur um den Winkel w drehen; dieser Winkel w ist gleich dem Zentriwinkel des Vielecks. Die Anzahl z der Spiegel ergibt sich demnach als $z = \frac{360^\circ}{w}$.

Wie die *katoptrischen* Ausgleichssysteme, so suchen auch die *dioptrischen* durch Einwirkung auf den abbildenden Strahlengang die mechanische Filmbewegung optisch zu kompensieren. Gelingt das dort durch zweckmäßige Benutzung des Reflexionsgesetzes, so gelten hier die bei der Brechung auftretenden Gesetzmäßigkeiten. Das Prinzip solcher auf Strahlenbrechung beruhender Anordnungen wird in einfachster Form verwirklicht durch die rotierende Planparallelplatte. Fig. 22 zeigt schematisch, wie die Wanderung des Filmpunktes A nach A' durch Drehung der Platte aufgehoben wird. Bezeichnet man mit φ den Winkel, um den diese aus der zum Film parallelen Lage gedreht werden muß, um den Ausgleich für $AA' = a$ herbeizuführen, ist ferner n der Brechungsexponent und d die Dicke der Platte, so ergibt sich mit Hilfe des Gesetzes von *Snellius* die Beziehung:

$$a = d \frac{\sin(\varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta},$$

wobei $\sin \vartheta = \frac{\sin \varphi}{n}$

ist. Statt der einfachen Platte sind eine große Reihe dioptrischer Ausgleichssysteme angegeben worden, z. B. ein gleichseitiges, um die Achse drehbares Glasprisma gerader Seitenzahl, rotierende Linsenkränze u. a.

Die Vorteile, die durch Kinoapparate mit stetiger Bildbandführung gegenüber denen mit ruckweisem Weiterschalten der Bilder erreicht werden sollen, seien hier kurz zusammengefaßt. Durch die in allen seinen Teilen mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolgende Bewegung des Films wird seine Festigkeit nur so wenig beansprucht, daß man, wenn wünschenswert, für die Aufnahme wie für die Vorführung eine viel höhere Bildwechselfrequenz wie etwa 20—30 in Anwendung bringen kann. Andererseits gestattet der Projektor, da ja der Wechsel von hell und dunkel fortfällt, einmal das Licht besser auszunutzen und ferner auch schon bei Anwendung einer Bildwechselfrequenz von 10 und weniger, eine flimmerfreie Projektion zu erzielen, so daß in passenden Fällen sehr an Film gespart werden kann. Trotz dieser theoretisch möglichen Vorteile haben sich die Apparate mit optischem Ausgleich der Bildwanderung noch nicht einzuführen vermocht, da die bisher vorliegenden Ausführungsformen in ihrer Leistungsfähigkeit meist noch recht viel zu wünschen übrig lassen.

Ihrer verschiedenen Verwendung nach unterscheiden sich die Apparate für die Aufnahme von denen für die Wiedergabe in vielen Punkten. Haben jene im wesentlichen die Aufgabe einer photographischen Kammer zu erfüllen, so sind

diese den besonderen Verhältnissen angepaßte Projektionsapparate. Da man beispielsweise für den Aufnahmefilm keine physiologische Verschmelzung zu erzielen braucht, ist bei den Aufnahmeapparaten eine mehrflüglige Blende zu überzähligen Abblendungen des Objektivs ebenso unnötig, wie etwa die Herbeiführung einer im Verhältnis zur Ruhezeit möglichst kurzen Transportzeit des Films.

Die weiteren Einrichtungen und Methoden, die zur Gewinnung und zur Wiedergabe der Filmbilder dienen, sind der allgemeinen Technik der Photographie bzw. Projektion entlehnt, gegebenenfalls mit zweckentsprechenden Modifikationen. Ihre nähere Erörterung kann daher unterbleiben, da es uns hier nur darauf ankommt, die *spezifischen* Eigenschaften der kinematographischen Apparate kurz zu besprechen, ohne uns auf Einzelheiten einzulassen. Ebenfalls verzichten wir auf eine Darstellung der Kinematographie in natürlichen Farben und mit stereoskopischem Effekt. Auch die zahlreichen Anwendungen der Kinematographie in Wissenschaft und Technik und die dabei auftretenden Probleme können in diesem Aufsatz, der nur einen allgemeinen Überblick über die Grundlagen der Kinematographie geben soll, keinen Platz finden.

Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten.

Von Prof. Dr. R. Seeliger, Greifswald.

P. Lenard hat kürzlich in Buchform eine ausgezeichnete, von tiefster Sachkenntnis getragene Monographie „Quantitatives über Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten“ veröffentlicht¹⁾. Er faßt darin die Ergebnisse seiner und seiner Schüler über nunmehr fast 3 Jahrzehnte sich erstreckenden systematischen Untersuchungen mit einer Bearbeitung der gesamten Literatur zu einem Werk von fundamentaler Bedeutung zusammen, das jeder auf diesem und auf verwandten Gebieten selbständig Forschende mit Freude begrüßen wird, denn es gibt zum erstenmal in wirklich kritischer und zuverlässiger Weise in den verschiedensten Teilen der Physik vielgebrauchtes Material an die Hand. Auf den Inhalt — der durchaus nicht etwa populär, sondern streng wissenschaftlich und mit Nutzen auch für den mit dem Thema bereits Vertrauten nur in hingebendem Studium zu lesen ist — werde ich später noch im einzelnen eingehen; zunächst mag es gestattet sein, einige Bemerkungen allgemeiner Art vorausszuschicken. Denn hinter der rein fachlichen Bedeutung dieses Buches scheint mir noch etwas anderes zu stehen, das zu manchen ernststen Gedanken anregt, weil es für die moderne Entwicklung der Wissenschaft symptomatisch ist.

¹⁾ Abhandlg. der Heidelberg. Akad. Nr. 5, 1918. 266 S. mit 7 Kurventafeln und 4 Textfiguren. (C. Winters Universitätsbuchhandlung 1918.)

Lenard beginnt die Einleitung seines Buches mit den Worten: „Es gibt wohl kaum einen Gegenstand, der die Aufmerksamkeit der Fachleute und in einiger Beziehung auch weiterer Kreise in den letzten zwei Jahrzehnten so wesentlich in Anspruch genommen hätte . . . , wie der hier zu behandelnde“, und man wird ihm darin vollkommen recht geben müssen. Führen doch von der Physik der Kathodenstrahlen direkte Wege teils in das Reich subtilster wissenschaftlicher Spekulationen, etwa über den Bau und die Eigenschaften der Atome, teils in rein technische Gebiete, z. B. zu den Röntgenstrahlen und den Verstärkerröhren. Bei objektiver Betrachtung aber wird man andererseits zugeben müssen, daß man es hier doch nur mit einem begrenzten, typischen Spezialgebiet der Physik und mit einem relativ noch begrenzteren der gesamten Naturwissenschaften zu tun hat. Und dieses Spezialgebiet erfordert heute zur Darstellung ein Buch von 260 Quartseiten, erfordert zur lediglich rein reproduktiven Beherrschung selbst für den Fachmann das Studium von Wochen! Aber dazu kommt noch das Folgende. *Lenards* Kritik, vielleicht manchmal zu schroff, aber sachlich doch meist durchaus berechtigt, zeigt mit erschreckender Klarheit, daß nur recht wenige der in Betracht kommenden Arbeiten wirklich brauchbare Resultate gezeitigt haben; viele haben eher verwirrend und hemmend gewirkt und viele andere sind nicht nach Gebühr beachtet worden, und ihre Ergebnisse mußten mühsam nochmals von anderer Seite gefunden werden. Und nun vergegenwärtige man sich die Unsumme an Zeit, Mühe und Mitteln, die in allen diesen Arbeiten steckt, und beurteile extrapolatorisch — der vorliegende Fall gibt dazu immerhin einige Berechtigung — die Verhältnisse in anderen Gebieten der Physik! Das Ergebnis könnte entmutigend sein für den Forscher; es ist hoffentlich aber auch geeignet, den Wert wirklich gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnis zu steigern, wenn man ihn mißt an der Länge des mühsamen Weges, auf dem wir langsam vorwärtskommen.

Ehe ich nun auf Einzelheiten eingehe, möchte ich noch auf zwei Dinge hinweisen, die für das ganze Buch charakteristisch und ebenfalls von allgemeinerem Interesse sind. Einmal fällt die namentlich in den zahlreichen Anmerkungen hervortretende Schärfe der Kritik an den Arbeiten englischer Forscher auf; dieser Tendenz *Lenards*, Front zu machen gegen ungerechtfertigte Prioritätsansprüche und gegen die typisch englische Art, Beobachtungsergebnisse zugunsten einer vorgefaßten Theorie zu deuten, wird man generell nur zustimmen können und wird manches, das bisher als imponierende Intuition erschien, nun vielleicht anders bewerten oder nur mit größter Vorsicht verwerten. Dann ist bezeichnend die große Zahl neuartiger Bezeichnungen; der Verfasser hat hier in dem Bestreben,

die Verhältnisse möglichst eindeutig und exakt zu fassen, sich eine Terminologie für zum Teil neue, zum Teil bereits bekannte Begriffe geschaffen, deren allgemeine Benutzung man nur begrüßen könnte. Denn sachlich und sprachlich sind die meisten der gewählten Ausdrücke — z. B. Grenzdicke, praktischer und wahrer Absorptionskoeffizient, Normalfall und Parallelfall, Rückdiffusion, Rückdiffusionsdicke, Umwegfaktor, echte und scheinbare Reflexion usw. — treffend und geeignet, künftig in ökonomischester Weise Unklarheiten zu vermeiden. In einem Fall nur scheint mir diese neue Bezeichnung weniger empfehlenswert. Es dürfte sich „Trägerbildungsspannung“ statt der üblichen Ionisationsspannung kaum einbürgern, zumal sich hier durch Zusätze wie . . . von Elektronen, von positiven Atomionen usw. jedes Mißverständnis unschwer vermeiden ließe; auch wird man etwa für die zur Emissionsanregung einer bestimmten Linie notwendige Mindestenergie eine geeignete Bezeichnung (ich möchte „Anregungspotential der Linie“ vorschlagen) wünschen.

Der wissenschaftliche Inhalt des Buches zerfällt in zwei Hauptteile. In dem ersten allgemeinen Teil werden allgemein die Gründe „über den Ursprung der vermeintlichen Unsicherheit der quantitativen Kenntnis des Gegenstandes“ diskutiert und orientierende Angaben über die Bezeichnungen, Einheiten, tabellarischen und graphischen Zusammenstellungen usw. gemacht. Der zweite spezielle Teil geht dann in gründlichster Weise ein auf die Kritik und Verwertung des gesamten Materials; eine Quintessenz der ganzen mühsamen Arbeit ist enthalten in den zum Schluß zusammengestellten Kurventafeln und Tabellen über Geschwindigkeitsverlust, Grenzdicken, Absorption, Intensitätsabfall und Sekundärstrahlung, worin alles, was heute als wirklich gesicherte quantitative Kenntnis zu bezeichnen ist, in handlicher Form zu weiterer Benutzung bereitgestellt ist. Was durch streng kritische Sichtung und zum großen Teil durch neue Reduktion der Beobachtungen aus der gesamten Literatur herausgeholt werden konnte, ist hier gesammelt; die dabei angewandte Vorsicht mag illustriert sein durch die eine Bemerkung, daß beispielsweise zu Angaben über die Rückdiffusion fester Körper von den vielen hier existierenden Untersuchungen nur zwei als zur Verwertung geeignet befunden wurden.

Wenn ich mich nun den Einzelheiten zuwende, muß ich mich naturgemäß auf eine kleine Auswahl besonders interessanter oder markanter Beispiele beschränken. Generell möchte ich nur bemerken, daß zwar als Endzweck die Gewinnung quantitativer Daten im Vordergrund steht, sei es nun durch kritische Sichtung gegebenen Materials oder durch eine gänzliche Neubearbeitung älterer Beobachtungen, daß aber auch die experimentell-methodische Seite des Themas überall eingehend behandelt wird und dabei eine Menge

wertvoller Einzelheiten für den Leser abfällt. Es ist sehr erfreulich, daß so die jahrelange experimentelle Erfahrung des Verfassers nun bequem im Zusammenhang der Allgemeinheit zugänglich gemacht worden ist. Aus dem Inhalt des allgemeinen Teils dürfte manchem überraschend etwa die Feststellung in Abschnitt II B sein, daß man homogenere Kathodenstrahlen mit Induktorium und Aluminiumfenster als auf thermoelektrischem oder lichtelektrischem Weg erhalten kann, ferner daß die Geschwindigkeitsverluste der Strahlen in der Materie nahezu einheitlich sind, also nicht etwa ein breites kontinuierliches Geschwindigkeitsband entsteht. Diese Feststellung ist von fundamentaler Bedeutung für die Auffassung des Absorptionsvorganges (als eines „Steckenbleibens“ der Elektronen im vollen Lauf) und erscheint um so wichtiger, als fast alle im Detail ausgearbeiteten Absorptionstheorien von anderen Auffassungen ausgehen. Da sich die Lenardsche Auffassung neuerdings in einigen theoretischen Arbeiten (z. B. von Darwin) vertreten findet oder doch aus diesen die Möglichkeit zu entnehmen ist, sie mit den üblichen Kraftzentrentheorien in Einklang zu bringen, hätte sich allerdings ein genaueres Eingehen auf die Theorie gelohnt. Es ist, nebenbei bemerkt, überhaupt der einzige Vorwurf, den ich dem Lenardschen Buch machen muß, daß die Hinweise auf theoretische Überlegungen etwas stiefmütterlich und auch nicht ganz objektiv behandelt sind. Doch muß anderseits zur Abschwächung dieses Vorwurfs gesagt werden, daß die Tendenz des Ganzen eine durchaus auf das Empirische gerichtete ist; immerhin wären aber theoretische Ausführungen in dem hier gemeinten Sinn — wenn auch nur als schmückendes Beiwerk — vielleicht auch manchem anderen willkommen gewesen. Als drittes Beispiel aus dem allgemeinen Teil möchte ich noch den Abschnitt II D erwähnen, in welchem das lineare Absorptionsgesetz ad absurdum geführt wird. Dies zu erwähnen scheint mir schon deshalb angebracht, weil es in sonst vorzüglichen anderen Werken (z. B. in der Radioaktivität von St. Meyer und v. Schweidler) ohne weitere Bemerkungen Aufnahme gefunden hat.

Im speziellen Teil werden in sieben Kapiteln Geschwindigkeitsverlust, Grenzdicken, Absorption, Intensitätsabfall, Sekundärstrahlung, Energieverhältnisse und Diffusion eingehend behandelt; nur ganz wenige Hinweise können natürlich hier gegeben werden. Der Geschwindigkeitsverlust $d v / d x$ wird definiert als „die maximal vertretene Geschwindigkeitsänderung, bezogen auf die Schichtdicke eins im Normalfall und bei gleicher Richtung des Ein- und Austritts“ (dies nur als ein Beispiel für die durchwegs angestrebte Exaktheit der Definition) und wird zunächst für Aluminium, für welches die meisten brauchbaren Daten vorliegen, dann für einige andere Medien bestimmt; für die Theorie wertvoll ist hier besonders die

Zusammenfassung (I e 5) der Ergebnisse hinsichtlich der Abweichung von der Massenproportionalität. Im zweiten Abschnitt über Grenzdicken dürfte vor allem das über Analogien und Unterschiede zwischen Kathodenstrahlen und α -Strahlen Gesagte interessieren. Der folgende Abschnitt über Absorption bringt eine Vertiefung der oben bereits erwähnten Auffassung des Absorptionsvorganges, die in prinzipiellem Gegensatz steht zu den üblichen theoretischen Ansätzen. Nach Lenard erfolgt die Absorption „mindestens so überwiegend durch plötzliche Wirkung einzelner Atome, daß von der anderen Möglichkeit (allmähliche Aufzehrung der Geschwindigkeit durch sukzessive Wirkung vieler Atome) bisher niemals eine sichere Spur nachweisbar war“. Dadurch gewinnt der „absorbierende Querschnitt“ eines Atoms natürlich erst eine reale, über die einer statistischen Rechengröße hinausgehende Bedeutung, die Lenard bekanntlich schon lange in seiner Dynamidentheorie zum Ausdruck gebracht hatte und hier in einem besonderen Kapitel (III F) nochmals eingehend auseinandersetzt. Generell stimme ich hier den Prioritätsansprüchen zur Kerntheorie der Atome rückhaltlos zu, glaube aber doch, daß Lenard der Rutherford-Bohrschen Atomtheorie nicht gerecht wird, wenn er sie lediglich als eine Spezialisierung der allgemeinen Dynamidentheorie bewertet. Denn auch nach der Formulierung des Grundgedankens der Ladungskonzentration in „Kernen“ ist doch in dem quantitativen Ausbau des Modells und seiner Einordnung in allgemeinere Zusammenhänge ohne Zweifel ein nicht nur verbessernder, sondern ein prinzipieller Fortschritt zu sehen. Von dem vierten Abschnitt (Intensitätsabfall) möchte ich nur das Kapitel IV H erwähnen, in welchem als Anwendungen der vorhergehenden Diskussion die Konstruktion magnetischer Spektren und die Kathodenstrahlentheorie des Nordlichts behandelt werden. Insbesondere dieses letztere Thema steht ja heute im Mittelpunkt geophysikalischen Interesses, und die Frage, ob β - oder ob α -Strahlen das Nordlicht erzeugen oder ob — wie Lenard vermittelnd annimmt — beide Strahlenarten dafür in Betracht kommen können, harret noch der Lösung.

Die drei letzten Abschnitte über Sekundärstrahlen, Energieverhältnisse und Diffusion sind mit besonderer Ausführlichkeit behandelt und nehmen gerade die Hälfte des ganzen Werkes in Anspruch. Die beiden erstgenannten Abschnitte gehören eng zusammen und geben ein vollständiges Bild der Sachlage, die sehr übersichtlich z. B. in der Texttafel 15 zum Ausdruck kommt. Allerdings handelt es sich im wesentlichen, dem Rahmen des Buches entsprechend, nur um den Teil der Energetik des Atoms, den man etwa den elektrischen nennen könnte, während die optischen Fragen (Anregungspotentiale, Problem des Trägers einer Linie usw.) nur gestreift werden konnten. Gar nicht geht leider Lenard ein auf die

mancherlei, auch abzüglich der großen Erfolge auf optischem Gebiet, bereits vorhandenen doch recht erfolversprechenden Ansätze quantentheoretischen Charakters und behandelt überhaupt nach meinem Gefühl die theoretische Seite des Themas etwas einseitig. Doch wird andererseits so außerordentlich Vieles und Neues geboten, daß man derartige Mängel vorwiegend als Schönheitsfehler bezeichnen möchte. Für die Kenntnis der Sekundärstrahlung wichtig sind bekanntlich drei Dinge, die Ionisierungs- (Grenz-) Spannung, die Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der wirkenden Elektronen mit ihrem charakteristischen Maximum und die Geschwindigkeit der Sekundärelektronen. *Lenard* bringt hier für Gase ein erschöpfendes Material bei, aus welchem namentlich auf die den dritten der genannten Punkte betreffenden Daten hingewiesen sei, da dieser ebenso in der Methodik der Intensitätsmessung von Elektronenstrahlen eine große und bisher vielfach unterschätzte Rolle spielt, wie er für die Theorie der Glimmentladung von Wichtigkeit sein wird. Für feste Körper, deren feinere Konstitution ja heute das Interesse der Physiker besonders in Anspruch nimmt und zu deren Ergründung jede neue Möglichkeit willkommen wäre, liegen die Verhältnisse leider weniger günstig, besonders bezüglich eines Vergleiches derselben Metalle im festen und gasförmigen Zustand; immerhin findet man auch hier (in Abschnitt C3) einige interessante Angaben. Die Betrachtungen des Kapitels über Sekundärstrahlen werden nun in dem folgenden über Energieverhältnisse vertieft und vor allem in einen größeren allgemeineren Rahmen eingeordnet. Einen allgemeinen Überblick geben hier der Abschnitt VIB und namentlich die außerordentlich instruktive Tabelle 15, obwohl sich diese speziell auf Luft bezieht. Daß die optische Seite der diesbezüglichen Fragen nicht eingehender behandelt werden konnte (z. B. hätte eine wichtige quantitative Untersuchung von *Rau* über die Anregung von He-Linien mindestens erwähnt sein müssen), ist, wie bereits bemerkt, recht zu bedauern, da es hier nach unserer heutigen Kenntnis sich nicht nur um Vermutungen und anregende Spekulationen hätte handeln brauchen, sondern z. B. in den Starkschen Arbeiten bereits weitgehende Hinweise und Resultate vorliegen.

Der letzte, die Diffusion behandelnde Abschnitt endlich bringt neben reichem Material für Anwendungen, etwa in der Theorie der Gasentladungen, vor allem auch eine für die Theorie der Atomkraftfelder wichtige Diskussion über echte Reflexion, d. h. über die Ablenkung in großen Winkeln bei einem einzigen Zusammentreffen mit einem Atom oder Molekül. Wichtig ist das dort Gesagte deshalb, weil im Gegensatz zu der üblichen, auf *Rutherford* zurückgehenden Ansicht die echte Reflexion beschränkt wird auf kleinste Geschwindigkeiten unterhalb der Ionisierungsspannung; in diesem Zusammenhang

von weiterem Interesse werden auch gewisse vom Verfasser gegen die Beweiskraft der bekannten Wilsonschen Bahnphotogramme vorgebrachte Bedenken sein.

Wie schon zu Beginn erwähnt, habe ich aus dem ungemein reichhaltigen Inhalt des Werkes nur ganz wenige Dinge herausgreifen können, die mir besonders interessant erschienen. Und wenn ich verschiedentlich auch auf Mängel hingewiesen habe, die nach meinem Gefühl vorhanden sind, so mag man dies nicht falsch deuten. Ich halte *Lenards* Buch für eine Leistung allerersten Ranges und in Zukunft für den Experimentator wie für den Theoretiker als absolut unentbehrlich, soll nicht der „verfahrene“ Zustand dieses wichtigen Gebietes der Physik, von dem *Lenard* in der Einleitung spricht, weiterhin bestehen bleiben.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 5. April hielt Dr. *Lutz* (Berlin), der vor dem Kriege als Leiter des Nationalmuseums in Panama mehrere Forschungsreisen in wenig bekannte Gebiete der Republiken Panama und Costarica unternommen hatte, einen Vortrag über seine Reisen im südlichen Mittel-Amerika. Der Bau des Panama-Kanals, besonders der Einschnitt des 15 km langen Culabra-Durchstichs, hat wertvolle geologische Aufschlüsse über den Bau des Landes geliefert, aus denen hervorgeht, daß hier im Laufe der geologischen Perioden ein achtmaliger Wechsel von Land und Meeresbedeckung stattgefunden hat. Prähistorische Muschelanhäufungen (Kjökkenmöddinger) an Hügellabhängen deuten auf rezente Hebungen des Landes. Vulkanische Gebiete sind häufig und geben vielfach der Gegend ihr eigenartiges, an landschaftlichen Reizen reiches Gepräge. Neben einer chaotischen Hügellwelt von vulkanischen Kuppen finden sich auch einzelne Vulkankegel von mehr als 3000 m Höhe, wie der 3430 m hohe Chiriqui im westlichsten Panama, der schon von See aus weithin sichtbar ist. Manche dieser Vulkane sind noch heute tätig. Sie werfen vulkanische Bomben, Lapilli und Asche aus, die oft mehrere Zentimeter hoch den Boden bedeckt und häufig die Waldvegetation vernichtet. Ein Kratersee, der von den Eingeborenen das „Auge der Hölle“ genannt wird und Wasser von 40° bis 80° Wärme enthält, ist der Sitz häufiger Ausbrüche. Eine mit dunklen Schlammteilchen durchsetzte Gaswolke bricht plötzlich aus dem Grunde des Sees heraus und schleudert das Wasser 300 m hoch empor. Da es sich im wesentlichen um Schwefeldioxyd oder Schwefelwasserstoff handelt, so ist eine Annäherung an den Schauplatz der Eruptionen nur mit besonderen Schutzvorrichtungen, wie Gasmasken usw., möglich. Die zentrale Hochebene ist auch der Schauplatz sehr heftiger, offenbar vulkanischer Erdstöße. Um die Häuser vor Zerstörungen zu schützen, bedienen sich die Europäer deshalb zum Hausbau eines Metallgewebes, das dem Geflecht von Eisenmatten ähnlich und wie dieses äußerst nachgiebig gegen Stöße ist.

Das Klima ist rein tropisch. In der Gegend des Panamakanals sind die jahreszeitlichen Unterschiede der Temperatur besonders gering. Die Hauptregenzeit fällt hier auf den November.

An der atlantischen Seite des bereisten Gebietes breitet sich eine häufig sumpfige Küstenebene mit weiten Flußmündungen aus, darüber folgt in höheren Lagen ein tropischer Regenwald mit den charakteristi-

schen Leitpflanzen, Palmen, Lianen und auf Baumstämmen wachsenden Epiphyten. In noch größerer Höhe vollzieht sich die Mischung von atlantischer und pazifischer Flora. Hier treten Myrthen, Eichenwälder und Bambusen auf, die in den höchsten Teilen von einer alpinen Flora abgelöst werden. Nach der pazifischen Seite hinabsteigend, gelangt man erst in Parkwälder, deren Leitpflanzen jedoch Beziehungen zur asiatischen Flora aufweisen, während diejenigen der atlantischen Seite auf Verwandtschaften mit den Antillen und dem östlichen Südamerika hindeuten. Dann folgen in tieferen Lagen Busch- und Grassavannen, die ein ideales Gelände für Viehzucht darstellen. Eine Hauptnahrungspflanze ist die Banane, von der 120 Früchte dort einen Verkaufswert von etwa einer Mark haben. Ein bei keiner Ansiedelung fehlendes Gewächs ist der Mangobaum mit seinen etwas nach Terpentin schmeckenden Früchten. Weite Gebiete, namentlich in der 40 km breiten Meseta central, sind mit mustergültigen Kaffeeplantagen bepflanzt. Nach der Ernte der Kaffeeirschen wird das Fruchtfleisch durch Quetschapparate beseitigt, die anhängenden Reste durch einen Fäulnisprozeß und anschließendes Trocknen auf den Tennen beseitigt und schließlich das feine Silberhäutchen, in dem die Kaffeebohne liegt, durch Schälapparate entfernt. Vorzugstarife nach den Häfen, von denen die Verschiffung des Kaffees nach Hamburg erfolgt, ermöglichten es den dort ansässigen deutschen Kaffeepflanzern, zu außerordentlichem Wohlstand zu gelangen. So wird z. B. das Vermögen von dreißig in Costarica ansässigen Deutschen auf insgesamt 150 Millionen, dasjenige der in Guatemala und San Salvador ansässigen zusammen sogar auf rund 1000 Millionen geschätzt. Nach Kriegausbruch hat jedoch die von englischen und amerikanischen Behörden geschürte Boykottbewegung Millionenwerte vernichtet. In Costarica versuchte vor allem der amerikanisch-englische Bananentrust, die „United Fruit“, unter Anwendung der unbedenklichsten Mittel die deutschen Besitzungen zu vernichten. Die Vorzugstarife wurden infolge von Bestechungen aufgehoben, und die Kaffeekurse an der New Yorker Börse so gedrückt, daß eine Ausfuhr nicht mehr möglich war. Trotzdem die deutschen Pflanzler auf solche Weise $4\frac{1}{2}$ Jahre lang vom Weltmarkt abgeschnitten waren, haben sie sich doch durch ihre Finanzkraft und ausgiebige gegenseitige Unterstützung gehalten. Die Republik Panama freilich hat sie auf einer einsamen Tropeninsel im Stillen Ozean interniert.

Aus der Tierwelt sind erwähnenswert Brüllaffen, Langschwanzaffen, Puma und Jaguar, von denen der letztere auf eigenartige Weise den Fischfang betreibt, indem er mit geschicktem Prankenrieb den Fisch auf das Ufer schleudert. Eine überraschende Fülle von Vögeln, darunter prächtige und völlig zahme Kolibris, belebt die Luft. An den Palmen hängen die zierlichen Beutelnester der Webervögel. In den Deltas der Flüsse tummeln sich Zehntausende von Alligatoren und auf den Bäumen zahlreiche lange Eidechsen mit zackigem Rückenrücken. Die Savannen enthalten viele jener eigenartigen hohen Bauten, die von Termiten, den sogenannten weißen Ameisen, kunstvoll hergestellt worden sind.

Die Bevölkerung bildet ein buntes Gemisch, denn der Isthmus von Panama ist seit langem ein Durchgangsgebiet für alle Nationen der Welt geworden. Deutlich erkennbar sind namentlich die Mischlinge von Negern und Chinesen an ihrer gescheckten Haut.

In der Sitzung vom 3. Mai hielt Professor E. Herzfeld (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über

Geographisches und Archäologisches aus Kurdistan, das er viermal in den Jahren 1915 und 1917 zwecks archäologischer Studien bereist hatte. Kurdistan ist eine persische Provinz, aber in weiterem Sinne umfaßt es als ethnische Bezeichnung das ganze Gebiet Vorderasiens, in dem Kurden wohnen, insbesondere die Randgebirge des iranischen Hochlandes von der Gegend des Wan-Sees im Westen bis nach Shiraz im Südosten. Zahlreiche parallele Ketten ohne Quertäler steigen hinter der großen Bruchlinie auf, die sich durch Petroleum- und Asphaltvorkommen auszeichnet, und an welcher im Südwesten die mesopotamische Scholle und in ihrer Fortsetzung der Boden des persischen Meerbusens in die Tiefe gesunken ist. Die Gebirgsketten steigen im Kuh-i-Kandil (Im ewigen Schnee), Kuh-i-Tchil Tsheshme (Vierzig-Quellen-Berg), Pir 'Omar Gudrun (nach assyrischer Legende Berg der Arche Noah), Kuh-i-Bistun (nach iranischem Mythos Sitz des Mithra) zu gewaltigen Gipfeln auf. Die höchste Erhebung bildet im Elburz jener Berg, von dem die Tchinwatbrücke, über welche alle Seelen ins Paradies gehen müssen, sich über die Hölle spannt.

Das Klima ist durch die südliche Lage, etwa in der geographischen Breite des Mittelländischen Meeres, wie durch die Seehöhe von 1000 bis 2000 m beeinflusst. Es weist schroffe Gegensätze der Temperatur in Sommer und Winter auf.

Die Vegetation ist besonders reich an Obstbäumen aller Art. Auch Weinberge sind häufig, doch wird der Wein nur im Süden bei Shiraz auch gekeltert, sonst nur in Form von Trauben oder Rosinen verbraucht. Der Nußbaum wird in großen Mengen gepflanzt. Es fehlen jedoch auch nicht ärmere Gegenden, wo nur Eichen wachsen oder die Bevölkerung auf ein aus Eicheln gebackenes Brot angewiesen ist. Im Süden treten Pinien und Zypressen, sogar Palmen auf. Rosen wachsen wild. An den Wasserläufen kommen Oleander und Myrthe vor, letztere stellenweise in großen, herrlich duftenden Wäldern.

Die Bevölkerung zerfällt in zwei Schichten. Die Sipah (das Heer) bilden die iranische, herrschende Oberschicht. Sie sind in Clans organisiert, die von Herzögen befehligt werden, eine Feudalherrschaft, die sich mit derjenigen der deutschen Raubritter und Herzöge im Mittelalter vergleichen läßt. Ihnen stehen die Köili (Dörfler) als ackerbaureibende und ausgebeutete Urbevölkerung gegenüber. Die Hauptstämme Kurdistans sind die Kurmandj im türkischen Gebiet, Muktri am Urmiyasee, Bebbe und Djaf um Sulaimaniya, Kalhur um Kirmanshab, Lur südlich davon bis zum Persischen Golf, Bakhtiari zwischen Khugistan am Persischen Golf und Isfahan, Mumaseni und Kuhgelu bis Shiraz. Darüber hinaus wohnen Kurden noch bis Afghanistan und Baluchistan.

Das älteste Vorkommen des Namens der Kurden ist für 400 v. Chr. bei Xenophon nachgewiesen. Wahrscheinlich sind sie mit den übrigen iranischen Stämmen, wie Meder, Perser, Kimmerier, Skythen usw. um 900 v. Chr. in Iran eingewandert. Eigene historische Überlieferung, wie überhaupt Literatur in eigener Sprache ist nicht vorhanden. Die Epen und Lieder werden mündlich überliefert. Die Kurden selbst behaupten oft, jüdischer Abstammung zu sein, was von englischen und amerikanischen Gelehrten unter dem Schlagwort „Wiederauffindung der verlorenen Stämme Israels“ verkündet worden ist. Diese Ansicht ist ebenso falsch, wie die von älteren und modernen europäischen Gelehrten angenommene Abstammung von der elamischen Urbevölkerung. Die Stellung der Frauen ist wesent-

lich freier als bei den Türken. Sie gehen unver-
schleiert, können als Stammeshäuptlinge fungieren
und sogar den regierenden Fürsten vertreten.

Für die historische Betrachtung der Landschaft
sind ihre Wege maßgebend. *Eigentliche Straßen sind
nirgends vorhanden*, nur Verbindungspfade zwischen
den einzelnen Dörfern, die gelegentlich zu einem größe-
ren Weg zusammenwachsen; nur eine große Naturstraße
durchquert das Land von Bagdad nach Hamadan,
dieselbe, die schon im Altertum von Babylon nach
Egbatana führte. Sie ist das große Tor der Festung
Iran und die Pforte Asiens, aus der sich alle Völker-
wanderungen von den uralten Kassiten bis zu den
Mongolen und Tataren über die babylonische Ebene
ergossen. Nur eine Stadt, Kirmanshah, ist an ihr
gelegen. Außer dieser Hauptstraße kommt noch im
Norden diejenige von Mosul nach Urmiya mit einer
Paßhöhe von 3000 m in Betracht, sowie im Süden
zwei unentwickelte Straßen vom Persischen Golf nach
Hamadan—Isfahan oder Schiraz.

Die Weltgeschichte des Orients gliedert sich in
drei Epochen: 1. Die Urzeit bis etwa 1200 v. Chr.,
in welcher Schöpfung und Ausbau der ersten Zivilisa-
tion durch vornehmlich semitische Völker erfolgte.
2. Die Zeit bis etwa 600 n. Chr. Niederlassung von
Völkern indogermanischer Sprache. Erweiterung des
Horizontes. Begründung des medischen, persischen,
hellenistischen Reiches. 3. Nach 600 n. Chr. Reaktion
des alten semitischen Orients im Islam gegen die indo-
germanische Epoche. Trennung von Orient und
Okzident.

Im einzelnen erörterte der Vortragende die Ein-
wirkungen, welche zu diesen verschiedenen Epochen
in Kurdistan wirksam waren. Er führte aus, daß das
Land keine eigene Kultur geschaffen, sondern stets
nur unter dem Einfluß der Nachbarländer gestanden
hat, und belegte seine Auseinandersetzungen durch
die Vorführung von zahlreichen Lichtbildern, in denen
er die physische Natur veranschaulichte und die
Bauten und Denkmäler zeigte. Das gleiche Haus, das
schon die medischen Königsgräber von 700 v. Chr.
zeigen, existiert durch alle Zeiten bis heute, und mit
ihm als Typus der iranischen Baukunst der Holz-
säulenbau. *Überhaupt hat sich in Kurdistan seit
3000 Jahren nur wenig geändert.* Unter diesen Um-
ständen kann man auf den Erfolg des von französischer
Seite geplanten Experimentes, die Schaffung eines
Kurdenstaates auf türkischem Boden, gespannt sein.
Jedenfalls erscheint das Volk dazu berufen, dermal-
einst noch eine Rolle im Orient zu spielen.

In der Fachsitzung am 19. Mai hielt Dr. B. Brandt
(Belzig) einen Vortrag über **Geographische Feldzugs-
Erlebnisse**, in dem er über seine Erfahrungen als
Truppenarzt an der Ost- und Westfront berichtete.
Namentlich an der ersteren war kein Teil so genau
bekannt, daß nicht durch Beobachtung neue Resultate
gewonnen werden konnten. Vielfach sind durch Kriegs-
maßnahmen gewaltige Umgestaltungen der Erdober-
fläche, ihres Landschaftscharakters und ihrer Besiede-
lungsverhältnisse zustande gekommen. So wird z. B.
das Trichterfeld des Schlachtfeldes an der Somme für
Jahrzehnte seinen Charakter als Kriegslandschaft be-
halten. Die flüchtenden Einwohner übertragen mit-
unter ihre Gewohnheiten auf andere Gebiete, so daß
z. B. in Rußland ein fast verschwundener Haustypus
als Notquartier seine Auferstehung feiern konnte. Be-
sonders groß ist der Einfluß des Krieges naturgemäß
auf die Verkehrsverhältnisse.

Der empfindlichste Mangel für geographische Be-

tätigung im Felde ist das Fehlen der einschlägigen
Literatur. In Frankreich boten die Schulbibliotheken
einiges Material, vor allem durch die kleinen Landes-
kunden des Verlages Colin in Paris. Eine besondere
Fundgrube bildeten die Büchersammlungen der fran-
zösischen Pfarrer, die auch viel Rohmaterial für siede-
lungsgeographische Studien enthielten. Bei den son-
stigen Bibliotheken aber überwog meist die Literatur
aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, wäh-
rend die viel weniger zahlreichen russischen Bibliothe-
ken meist einen mehr modernen Eindruck machten.
Sehr wichtiges Quellenmaterial boten die Tageszeitun-
gen, vor allem auch die von unseren Organisationen
herausgegebenen Feldzeitungen. Am ungünstigsten
waren die Erkundungsverhältnisse in Weißrußland.
Hier mußte das Material, wie auf Forschungsreisen,
durch Ausfragen der Einwohner mit Hilfe eines oder
mehrerer Dolmetscher gesammelt werden.

Andererseits eröffnete der Krieg manche For-
schungsmöglichkeiten durch die zahlreichen *Bodenauf-
schlüsse*, die sich bei Bahnbauten, Anlage von Unter-
ständen, Schützengräben usw. darbieten und nament-
lich den Kriegsgeologen sehr willkommene Studien-
objekte lieferten. In Weißrußland verdankte man den
Stellungsarbeiten die Feststellung zweier getrennter
Grundwasserstockwerke. Auch alte Siedlungsanlagen
wurden mitunter bei solchen Gelegenheiten gefunden.

In ganz besonderem Maße hat der Krieg zur *Ent-
wicklung des Kartenwesens beigetragen*. Der Maß-
stab der Generalstabskarten von 1:100 000 reichte
nicht aus, so daß Vergrößerungen auf 1:25 000, ja
auf 1:12 500 hergestellt werden mußten. Später
wurden diese rohen Notkarten durch Höhenschichten-
karten abgelöst, in welche nun auch die Stellungen
und Schützengrabensysteme eingezeichnet werden
konnten. Es stellte sich allmählich das Bedürfnis
nach immer größeren Maßstäben heraus, die für Son-
derzwecke bis zu 1:1500 gingen. Für alle diese
Kriegskarten wurde ein Koordinatensystem eingeführt,
das die Karte in Planquadrate zerlegte. Auch die
magnetische Nord-Süd-Linie wurde auf den zuletzt her-
gestellten Karten eingezeichnet. Als Grundlagen der
Karten dienten meist feindliche Originalkarten, von
denen der französische Plan directeur in 1:10 000 eine
vorzügliche Quelle abgab, dem wir nichts Ähnliches
an die Seite zu stellen hatten. In reichem Maße wurde
aber auch von Dreiecksmessungen, Neuaufnahmen, topo-
graphischen Erkundungen usw. Gebrauch gemacht. Die
Höhenschichtlinien hatten oft nur den Charakter von
Formlinien; auch zeigte der Durchschnittssoldat für
sie nur geringes Verständnis. Sehr beliebt waren
Mischungen von Grundriß und Ansicht, die für be-
stimmte Zwecke (Patrouillengänge usw.) handschrift-
lich entworfen wurden. Auch höhentreue Reliefs fan-
den Verwendung. Eine besonders wichtige Ergänzung
der Karten bildeten die Fliegeraufnahmen. Als An-
schauungsmittel verdienen Schrägaufnahmen den Vor-
zug, die aber für kartographische Zwecke erst ent-
zerrt werden müssen, während senkrechte Aufnahmen
annähernd winkeltreue Bilder liefern. Durch Ver-
wendung von Fernaufnahmen und Scherenfernrohr ge-
lang es, anschauliche Panoramen zusammenzustellen.
Auch die geologische Karte erschien zum ersten Male
als Rüstzeug des Krieges. Hat dieser somit einen
wesentlichen Zuwachs der Kartenliteratur durch Neu-
konstruktionen gebracht, so verdanken wir ihm auch
eine Bereicherung unserer Kenntnisse durch Zugäng-
lichmachung solcher Kartenwerke, die früher geheim
gehalten worden waren. Zu den Mitteln geographischer
Erkenntnis, die im Frieden zwar auch vorhanden, aber

schwer zugänglich sind, gehören auch die Flurkarten, die in Frankreich reichlich vorhanden waren.

Die Ziele geographischer Studien im Kriege waren in Rußland hauptsächlich landeskundlicher Natur. Interessante Einzelheiten boten die Beobachtung jahreszeitlicher Einflüsse auf Veränderungen der Erdoberfläche, die Vegetationsverteilung in Wäldern und Sümpfen, Siedelungs- und namenkundliche Studien. Besonders stark trat anläßlich einer Versetzung von der Ost- zur Westfront der Unterschied zwischen Weißrußland und Frankreich hervor, von denen das erstere ein Agrarland in voller Ursprünglichkeit ist, während Frankreich sich als altes Kulturland zeigt, in welchem die Geschichte überall ihre Spuren hinterlassen hat.

O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Absolute Helligkeit der Sterne — im Gegensatz zur scheinbaren — nennt man die auf eine bestimmte Entfernung bezogene Helligkeit. Man drückt sie ebenso wie die scheinbare Helligkeit in Sterngrößen aus und bezieht sie z. B. auf die Entfernung, welche einer Parallaxe von 1'' entspricht. Sie hängt ab von der Temperatur (dem Spektraltypus) und von der Größe der Oberfläche. Letztere ist eine Funktion der Masse und der Dichte; da aber die Massen der Sterne nach den bisherigen Erfahrungen zwischen verhältnismäßig engen Grenzen schwanken, so ist es praktisch in erster Linie die Dichte allein, die bestimmend ist. Die Kenntnis der absoluten Helligkeit würde in Verbindung mit der scheinbaren Helligkeit die Entfernung oder Parallaxe liefern. Kriterien für die absolute Helligkeit sind aus diesen und anderen Gründen von großer Wichtigkeit für die Untersuchungen über die Konstitution des Fixsternsystems.

Ein spektrales Merkmal für große absolute Helligkeit der weißen und gelben Sterne — Spektralklassen B, A, F, G — hat bereits vor Jahren *Hertzsprung* in dem c- und ac-Charakter gewisser Sternspektren aufgefunden. Die Linien in den Spektren der c- und ac-Sterne in der Mauryschen Spektraleinteilung sind im allgemeinen schärfer als die Linien in den anderen Spektren derselben Spektralstufe, und ihre relativen Intensitäten sind in bestimmter Weise verschieden.

Bei der weiteren Verfolgung dieser Andeutung ergab sich die Notwendigkeit, die gelben und roten Sterne in zwei Serien zu teilen, die anscheinend scharf voneinander getrennt sind, in absolut helle und absolut dunkle Sterne, in *Riesen* und *Zwerge*, wie *Hertzsprung* sie nannte. Erstere müssen Sterne mit großer Oberfläche, also geringer Dichte, letztere Sterne mit kleiner Oberfläche, also großer Dichte sein. Die Sonne gehört zu letzteren. Man nimmt vielfach an, daß die Riesen dem aufsteigenden Ast der Sternentwicklung, der durch steigende Temperatur gekennzeichnet ist, angehören, die Zwerge dem absteigenden Ast, mit abnehmender Temperatur, während die weißen Sterne, die die höchste Temperatur haben, auf dem Gipfel der Entwicklungskurve stehen. Die absolut hellen roten Sterne wären danach also jünger als die absolut hellen gelben Sterne und diese jünger als die weißen Sterne, denen in der Entwicklung die gelben und roten Zwerge folgen würden.

Kurz vor dem Ausbruch des Krieges war es A. Kohlschütter gelungen, aus dem umfangreichen spektrographischen Material der Mount Wilson-Stern-

warte *spektrale Kriterien für die absolute Helligkeit* der gelben und roten Sterne zu finden, die auf den relativen Intensitäten gewisser Spektrallinien, darunter der Wasserstofflinien, beruhen. Von zwei, ihrem allgemeinen Habitus nach gleichen Spektren zum Beispiel, von denen das eine einem roten Riesen, das andere einem roten Zwerge angehört, hat das erstere relativ erheblich viel kräftigere Wasserstofflinien als das letztere, und zwar um so mehr, je größer der Unterschied der absoluten Helligkeit der beiden Sterne ist. Dieses Anzeichen liefert also ein Maß für die absolute Helligkeit, wenn man mittels Sternen von bekannter Parallaxe, folglich bekannter absoluter Helligkeit, den Nullpunkt der absoluten Helligkeit festlegt. Diese Beziehung hat W. S. Adams auf dem Mount Wilson nach dem durch den Krieg veranlaßten Weggange *Kohlschüters* an einer großen Zahl ausgewählter Sterne quantitativ genauer festzulegen versucht (man vergleiche dazu *Communic. to the National Acad. of Sciences* 2, 147, 152, 157; *Astrophys. Journ.* 40, 385, 46, 313). Die letzte Veröffentlichung von Adams und Joy, *Astrophys. Journ.* 46, umfaßt 500 Sterne des I.—II., II. und III. Spektraltypus. Dieselben zerfallen gemäß ihrer Auswahl in schwache Sterne mit großer scheinbarer Eigenbewegung, also in solche, die der Sonne durchschnittlich nahe stehen, und in helle Sterne mit meist geringer scheinbarer Eigenbewegung, die von der Sonne durchschnittlich sehr weit entfernt sein müssen.

Hertzsprung unterzieht nun in Nr. 4986 der *Astron. Nachr.* diese Untersuchung einer kritischen Prüfung, der wir folgendes entnehmen: Er bemerkt zunächst mit Recht, daß infolge der besonderen Auswahl der Sterne die Frage einer wirklichen scharfen Zweiteilung der gelben Sterne in absolut helle und schwache durch dieses Beobachtungsmaterial nicht entschieden werden könne.

Von besonderem Interesse ist die *Genauigkeit der spektroskopisch erhaltenen absoluten Helligkeiten*. Auf zwei verschiedenen Wegen erhält er den mittleren Fehler einer spektroskopisch geschätzten absoluten Sterngröße zu $\pm 0,52^m$ bzw. $\pm 0,68^m$, entsprechend einem Helligkeitsverhältnis 1 : 1,61 bzw. 1 : 1,88 und einem Entfernungsverhältnis 1 : 1,27 bzw. 1 : 1,37. Die durchschnittliche absolute Helligkeit von 140 hellen gelben Sternen ergibt sich aus den säkularen Parallaxen (scheinbaren Eigenbewegungen) zu $-3,65^m$, während die spektroskopischen Schätzungen mittels direkter Parallaxenbestimmungen $-3,95^m$ liefern. Der Unterschied ist von der Größe seines mittleren Fehlers. Die Sonne hat in der Entfernung der Parallaxe 1'' die Helligkeit $-0,33^m$, ist also rund 28 mal schwächer als der Durchschnitt der betrachteten 140 hellen gelben Sterne.

Aus diesen Zahlen ergibt sich nach Ansicht des Referenten, daß die Genauigkeit der Methode der spektroskopischen Schätzung der absoluten Helligkeit, an die man natürlich nicht den Maßstab unmittelbarer photometrischer Bestimmungen legen darf, eine recht hohe ist verglichen mit der Genauigkeit der Bestimmung der absoluten Helligkeit aus direkten Parallaxenbestimmungen, vor denen sie zudem den Vorzug der Unabhängigkeit der Genauigkeit von der Entfernung hat. Insbesondere, und darin liegt gerade der große Wert der spektroskopischen Methode, vermag sie voraussichtlich auch da noch wesentlich reelle Parallaxen zu liefern, wo die direkte Methode wegen der Kleinheit der Parallaxe längst versagt.

Die genaue Mount Wilson-Spektraleinteilung benutzt *Hertzsprung* noch zur Prüfung des Zusammen-

hanges zwischen Farbe (Farbenindex, Farbenäquivalent) und Spektraltypus für die Sterne der Spektralklassen G_6 — K_7 . Die Beziehung zwischen Farbe und Spektraltypus ist bekanntlich für die frühen Spektralklassen, B bis G_0 , eine sehr enge. In den späteren Klassen machen sich Anzeichen einer Lockerung dieser Beziehung bemerkbar, indem Sterne derselben Spektralstufe mitunter recht erhebliche Farbenunterschiede zeigen. Diese Unterschiede laufen, wie *Hertzsprung* an 42 der Adamsschen Sterne, für die die Göttinger Aktinometrie Farbenindices enthält, zeigt, mit der absoluten Helligkeit sehr nahe parallel; je größer die letztere, desto tiefer gelb die Farbe. Dies ist eine Bestätigung bzw. Erweiterung früherer Feststellungen von *Maury*, *Adams* und *Kohlschütter*. G.

Eine neue Methode von V. Bjerknes zur Verbesserung der Wettervorhersage. In Heft 52, S. 765 des Jahrganges 1918 dieser Zeitschrift, wurde über die bedeutsamen Verhandlungen auf dem skandinavischen Geophysikerkongreß in Göteborg berichtet. Als Ergänzung hierzu möge noch der Hauptinhalt des Vortrages „Wettervorhersage“, welchen Professor V. Bjerknes dort hielt¹⁾, wiedergegeben werden, da er sowohl wegen seiner theoretischen Grundlagen als auch wegen seiner etwaigen praktischen Bedeutung Beachtung verdient.

Schon der Weg, auf welchem Bjerknes zu seinem Ziele gelangt, ist bemerkenswert. Dieser Gelehrte beschäftigt sich seit mehreren Jahren damit, das Wetter rein mathematisch auf Grund der Gleichungen der Dynamik und Thermodynamik zu analysieren. Dabei wurde zunächst eine stärkere Berücksichtigung der *Luftströmungen* nötig; es zeigte sich, daß die nach den Windangaben gezeichneten *Stromlinienkarten* merkwürdige Singularitäten — Konvergenzen und Divergenzen — enthielten, und es wurde daraufhin das Verhalten der Konvergenz- und Divergenzlinien, d. h. der Linien, gegen welche die Luft beiderseits einströmt oder von denen sie beiderseits abströmt, weiter verfolgt. Ebenso wie das Liniensystem von Hoch- und Tiefdruckgebieten auf einer Wetterkarte im Laufe des Tages wandert, verschieben sich auch die Konvergenz- und Divergenzlinien, und zwar nach einer Regel, welche mit dem sogen. Buijs-Ballotschen Gesetz über die Beziehungen zwischen Lage der Depression und Windrichtung Ähnlichkeit hat. Sie lautet für die nördliche Halbkugel: Wenn man in Richtung des Windes sieht, bewegen sich die Konvergenzlinien nach rechts, die Divergenzlinien nach links. Die Krümmung der Konvergenzlinien gibt außerdem ein ungefähres Maß für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Gebilde. Da nun die Konvergenzlinien im allgemeinen mit aufsteigenden Luftströmen verbunden sind, und diese wiederum verstärkte Wolkenbildung und Regen nach sich ziehen, so liegt es nahe, solche *Windkarten zur Verbesserung der Wettervorhersage* zu benutzen.

Bei derartigen Versuchen stößt man zunächst auf eine praktische Schwierigkeit. Einigermassen genaue Strömungskarten erfordern ein sehr dichtes Stationsnetz. Prof. Bjerknes erhielt jedoch staatliche Geldmittel, um vorübergehend an der südnorwegischen Küste (Distrikt von Bergen) unter Benutzung von Leuchttürmen und Signalstationen der Flotte ein engmaschiges Netz einzurichten, bestehend aus zwei Reihen von Barometerstationen — einer auf den äußersten Inseln, einer zweiten in den tiefsten Fjords — und

dazwischen einer großen Anzahl einfacher Stationen, welche ohne Instrumente Wind und Wetter beobachten. Die Beobachter mußten namentlich sehr genaue Himmelsschau halten, z. B. auf Lage und Höhe heraufziehender Wolkenbänke, Richtung von Regenstreifen, Wolkenlücken u. dergl. achten. Aus solchen örtlichen Anzeichen über das direkte Aufziehen von Unwettern lassen sich natürlich nur kurzfristige Vorhersagen ableiten; es wurden daher auf Grund der Beobachtungen von 8 Uhr vormittags Prognosen nur für den Rest des Tages ausgegeben. Auf den äußersten Küstenstationen wurde die Windrichtung sehr scharf mittels Peilscheiben mit einer Genauigkeit von etwa 5° beobachtet.

Die mit Hilfe dieses dichten Stationsnetzes gezeichneten Karten hatten zwar noch nicht die genügende Genauigkeit, um das Fortpflanzungsgesetz der Konvergenz- und Divergenzlinien quantitativ festlegen zu können, aber sie lieferten doch schon folgende *wichtige empirische Tatsachen*. Zu jeder wandernden Zyklone gehören zwei charakteristische Konvergenzlinien, welche beide von der rechten Seite der Zyklonenbahn kommen. Die eine nähert sich dieser Bahn fast senkrecht, die zweite — von Bjerknes Kurslinie genannt — schmiegt sich ihr um so dichter an, je mehr sie sich dem Depressionszentrum nähert. Im Zentrum würde somit die Tangente an diese Konvergenzlinie unmittelbar die Fortpflanzungsrichtung, d. h. den Kurs der Zyklone anzeigen. Die zweite, in der Fortpflanzungsrichtung hinter ihr liegende Konvergenzlinie deckt sich im wesentlichen mit der schon früher von Meteorologen häufig untersuchten sogen. Böenlinie (*ligne de grain*, *line squall*); sie stellt die Vorderfront einer Teildepression dar dort, wo kalte Luft, verbunden mit heftigen Windstößen und Regen- oder Gewitterböen einbricht. Zwischen der Böenlinie und der Kurslinie tritt dagegen verhältnismäßig warme Luft mit Landregen auf, der jedoch schon 200 km und mehr vor der Kurslinie (rechts von ihr) beginnen kann. Gelingt es, eine herannahende Depression, besonders deren rechte Seite, durch die Konvergenzlinien und durch Augenbeobachtungen genauer zu analysieren, so ist damit offenbar ein wichtiges Hilfsmittel zur Erkennung des weiteren Verlaufs der Depression gegeben.

Die Versuche, welche im Sommer 1918 an der westlichen norwegischen Küste mit diesem Verfahren erzielt wurden, ermuntern durchaus zur weiteren Fortsetzung. Die mittleren *Trefferprozente der Vorhersage* waren im Juli 83,7, im August 86,3 und im September 92,0. Es muß einstweilen dahingestellt bleiben, ob der gegen Ende des Sommers bessere Erfolg auf gesteigerter Erfahrung und Geschicklichkeit des Prognostikers oder auf der im Spätsommer und Frühherbst meist leichter zu erkennenden Wetterlage beruht. Bjerknes versäumt übrigens nicht, auch die Schwächen der Konvergenzliniendarstellung zu kennzeichnen. Die Methode versagt z. B., wenn die Depression stationär ist; sie wird ferner um so schwerer anwendbar, je kleiner die Zyklone und je mehr sie lokalen Ursprungs ist. Solche Miniaturzyklonen sind aber gerade für den Hochsommer und für das Binnenland charakteristisch. Jedenfalls wird es lehrreich sein, zu untersuchen, ob die Methode von Bjerknes in anderen Gegenden gleich erfolgreich ist. Ganz abgesehen von ihrer praktischen Bedeutung verspricht sie aber wichtige Aufschlüsse über den Aufbau der Zyklonen und damit für die Vervollkommnung einer Zyklonentheorie, die jetzt noch in den allerersten Anfängen steckt, R. Süring.

¹⁾ Abgedruckt in Meteorolog. Zeitschrift 36, S. 68 bis 75, 1919.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 26. (Seite 451—466)

27. Juni 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die Polhöhenchwankungen. Von *Prof. B. Wanach*, Potsdam. S. 451.

Ueber die Deutung des Weberschen Gesetzes. Von *Prof. Dr. Karl Bühler*, Dresden. S. 456.

Ueber die Funken und den Geruch beim Aneinanderschlagen von Mineralien. Von *Prof. Dr. A. Johnsen*, Kiel. S. 459.

Besprechungen:

Gumlich, Ernst, Leitfaden der magnetischen Messungen. Von *K. Schmiedel*, Berlin-Charlottenburg. S. 461.

Mises, R. v., Fluglehre. Vorträge über Theorie und Berechnung der Flugzeuge in elementarer Darstellung. Von *A. Betz*, Göttingen. S. 462.

Schlick, M., Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. *Selbstanzeige*. S. 463.

Auerbach, Felix, Das Wesen der Materie. Von *J. Koppel*, Berlin-Pankow. S. 463.

Kraus, Oskar, Franz Brentano. Von *M. Schlick*, Rostock. S. 463.

Wiesent, J., Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie und ihre physikalischen Grundlagen. Von *A. Meissner*, Berlin. S. 464.

Deutsche ornithologische Gesellschaft: Die Sturmvögel. Die Vogelwelt an der unteren Wolga. S. 464.

Astronomische Mitteilungen:

Statistische Untersuchungen der Sternhaufen. Untersuchungen über Pendeluhrn. Ueber eine Differentialgleichung des Problems der Rotation der Himmelskörper. Betrachtung zum δ -Cephei-Problem. S. 465—466.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

**Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren**

**Mikrophotographische und
Projektionsapparate**

**Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.**

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 8050–53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten

Inhaber: Prof. Dr. Hugo Krüss,
Hamburg 11.

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke Königsberg i. Pr.

(152)

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Sg. Leisegang } *Potsdamerstr. 138*
Berlin } *Jauentzienstr. 12*
Schloß-Platz 4

Von der 2. Auflage von
Chwolson, Lehrbuch der Physik

liegt fertig vor: Band I

Abt. I: **Mechanik und Meßmethoden**
Gebunden 14.40 Mk.

Abt. II: **Lehre von den gasförmigen, flüssigen u. festen Körpern**
Gebunden 16 Mk.

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Für den biolog. Unterricht

Mikroskop. Präparate und Diapositive über Befruchtung, Reifung und Furchung des Eies von *Ascaris megalo.* (Pferdespulwurm). Ein Präparat oder Diapositiv M. 2.—.

Dr. med. Gaudlitz, Aue (Erzgeb.)

Altes und Neues

aus der Unterhaltungsmathematik

Von Dr. **W. Ahrens** in Rostock

Mit 51 Textfiguren — Preis M. 5.60

(+ 10 % Teuerungszuschlag)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

27. Juni 1919.

Heft 26.

Die Polhöenschwankungen.

Von Prof. B. Wanach, Potsdam,
Observator am Geodätischen Institut.

Die geographische *Breite* eines Orts ist der Winkel, um den die Lotlinie gegen die Ebene des Äquators geneigt ist; sie wird gemessen durch astronomische Bestimmung der *Polhöhe*, d. h. des Winkels, um den die Polarachse gegen den Horizont geneigt ist. Begrifflich sind also Breite und Polhöhe zwar verschieden, ihrem Betrage nach aber identisch, weil definitionsgemäß die Äquatorebene senkrecht auf der Polarachse und der Horizont senkrecht auf der Lotrichtung steht.

Die im Prinzip einfachste Methode der Polhöhenmessung beruht auf der Beobachtung der Höhen eines Zirkumpolarsterns über dem Horizont während seiner oberen und unteren Kulmination; die Polhöhe ist das Mittel aus diesen beiden, wegen des Einflusses der atmosphärischen Strahlenbrechung korrigierten Kulminationshöhen.

Die Beobachtungen der früheren Jahrhunderte hatten gezeigt, daß man die Polhöhen als unveränderlich betrachten durfte; die Rotationsachse der Erde mußte also stets mit denselben Punkten des Erdkörpers fest verbunden bleiben. Das aber kann, wie die Mechanik lehrt, nur dann der Fall sein, wenn die Rotationsachse mit einer Hauptträgheitsachse zusammenfällt. Betrachtet man die Erde als starres Rotationsellipsoid, so ist ihr kürzester Durchmesser, die Polarachse, eine Hauptträgheitsachse, und zwar die Achse des größten Trägheitsmoments. Würde die Rotationsachse nicht genau mit dieser Trägheitsachse zusammenfallen, sondern einen Winkel r mit ihr bilden, so würde, wie *Euler*¹⁾ gezeigt hat, die Rotationsachse sich in einer keiskegelförmigen Bahn mit dem halben Öffnungswinkel r um die Trägheitsachse bewegen; der Rotationspol würde also eine Kreisbahn um den auf der Erdoberfläche festliegenden Trägheitspol beschreiben, und zwar würde er sie in 303,3 Tagen²⁾ in der Richtung der Erdrotation durchlaufen. Dann würde die Polhöhe eines Orts nicht unveränderlich bleiben, sondern müßte mit 10-monatiger Periode um einen Mittelwert schwanken, von dem sie im Maximum um $\pm r$ abweichen würde; und noch in anderer Weise müßte sich eine solche Polbewegung in astronomischen Messungen äußern. *Bessel*, der schon in einem Brief an *Olbers* vom 7. November

1814 auf die Möglichkeit hingewiesen hat, daß die Rotationsachse der Erde nicht mit ihrer Hauptachse zusammenfielen und daher im Erdkörper selbst beweglich wäre, erwähnt bei dieser Gelegenheit, daß dann auch das astronomisch bestimmte Azimut einer Mire Schwankungen mit derselben Periode (in Phase aber um 90° verschoben) zeigen müßte, und hat später in Band VI der Königsberger Beobachtungen³⁾ den Versuch gemacht, solche Azimutschwankungen in seinen Beobachtungen am Reichenbachschen Meridiankreise vom Mai 1820 bis zum Juni 1821 nachzuweisen; er fand aber einen so kleinen und unsicheren Wert ($r = 0,110'' \pm 0,136''$), daß er daraus nur den Schluß zieht, daß r jedenfalls kleiner als $\frac{1}{4}$ Sekunde sein müsse. Einen scheinbar besser verbürgten Wert ($r = 0,079'' \pm 0,017''$) fand *Peters*⁴⁾ aus seinen Polarsternbeobachtungen am Pulkowaer Vertikalkreise vom März 1842 bis zum April 1843, zweifelt aber dennoch selbst daran, daß sein Resultat auf Polschwankungen beruht, weist vielmehr auf die Möglichkeit hin, daß es sich um Refraktionsstörungen handeln könnte, verursacht durch systematische Abweichungen der wahren Lufttemperatur von den Angaben des zur Refraktionsberechnung benutzten Thermometers; solche Störungen müßten im wesentlichen eine Jahresperiode zeigen, und um diese von der 10-monatigen Eulerschen Periode trennen zu können, müßten die Beobachtungen über eine längere Reihe von Jahren ausgedehnt werden.

Auf noch eine andere mögliche Ursache von Polhöenschwankungen weist *Bessel* in einem Brief an *Humboldt* hin; er schreibt am 1. Juni 1844: „Ich habe Verdacht gegen die Unveränderlichkeit der Polhöhe. Meine sehr schön untereinander stimmenden Beobachtungen mit dem neuen Kreise verkleinern die Polhöhe fortwährend, vom Frühling 1842 bis jetzt zwar nur um $0,3''$, aber selbst diese Kleinigkeit scheint mir nicht ein Beobachtungsfehler zu sein; denn nach meiner jetzigen Beobachtungsart wird alles eliminiert, was konstanter Einfluß auf die Mittel der einzelnen Sätze haben könnte. Ich denke dabei an innere Veränderungen des Erdkörpers, welche Einfluß auf die Richtung der Schwere erlangen.“ An Veränderungen welcher Art *Bessel* dabei gedacht haben mag, deutet er leider nicht an; daß er hier an Schwankungen der Lotrichtung und nicht mehr an Lagenänderungen der Erdachse

¹⁾ *Leonhard Euler*, *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum*, Greifswald 1790.

²⁾ Nach *W. Schwcydar*, *Astron. Nachr.* Nr. 4855.

³⁾ S. auch *W. Engelmann*, *Abhandlungen von F. W. Bessel*, Bd. II, S. 41 ff.

⁴⁾ *C. A. F. Peters*, *Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes*, St. Petersburg 1848, S. 146.

glaubt, dürfte darin seinen Grund haben, daß er selbst schon in einem Brief an *Olbers* vom 23. September 1817 nachgewiesen hatte, wie geringfügig der Einfluß von Massenverlagerungen auf die Lage der Hauptträgheitsachsen ist. Damit sich der Trägheitspol auch nur um $0,1''$ oder, auf der Erdoberfläche linear gemessen, um 3 m verschiebt, müßte schon eine unter 45° Breite gelegene Bergmasse gleich dem Ätna in meridionaler Richtung um 90° versetzt werden; eine größere oder kleinere oder anders gerichtete Ortsveränderung derselben Masse hätte eine noch geringere Wirkung und ebenso jede Verschiebung von einem unter anderer Breite gelegenen Ausgangspunkt aus. Eine Verschiebung in meridionaler Richtung zwischen zwei symmetrisch um 45° Breite gelegenen Punkten, also z. B. von 30° nach 60° Breite, wäre (statisch) wirkungslos; da die Alpen nur wenig nördlich von 45° n. Br. liegen, würde ihre Abtragung bis zu 1000 m Höhe und Ablagerung der abgetragenen Massen in der Poebene den Trägheitspol nur um $0,002''$ (6 cm) verschieben. Selbst wenn das ganze zentralasiatische Hochplateau bis zum Meeresniveau abgetragen und im Indischen Ozean zwischen Australien und Madagaskar versenkt würde, so wäre nur eine Polverschiebung von $\frac{1}{4}^\circ$ oder 27 km die Folge, vorausgesetzt natürlich, daß die Erde vollkommen starr wäre und nicht durch plastische Nachgiebigkeit den größten Teil der Wirkung wieder aufhobe. Merkbliche Änderungen der Lage des Trägheitspols schien man also nicht annehmen zu dürfen, und auch *Bessel* selbst scheint auf seinen in jenem Brief geäußerten Verdacht nicht mehr zurückgekommen zu sein.

Zur Ruhe kam die Frage aber nicht mehr; zwar fand auch *Nyrén*⁵⁾ aus mehreren Pulkowaer Beobachtungsreihen Werte für die Eulersche Bewegung, die einzeln genommen ziemlich gut begründet erschienen, untereinander aber bezüglich der Phase in zu starkem Widerspruch standen; um als reell betrachtet werden zu dürfen. Dagegen zeigten sich Andeutungen einer langsam fortschreitenden Änderung der Polhöhen um mehrere Zehntelsekunden in langjährigen Beobachtungsreihen in Greenwich, Washington, Paris, Mailand, Rom, Neapel, Pulkowa; das veranlaßte *Fergola*, 1883 auf der Konferenz der Europäischen Gradmessung in Rom besondere Beobachtungsreihen anzuregen, die auf geeigneten Sternwarten mit gleichen Instrumenten und gleichem Beobachtungsprogramm auszuführen wären, um unter möglichster Vermeidung systematischer Fehler die Frage der Veränderlichkeit der Polhöhen endgültig zu entscheiden. Mehrere Sternwarten erklärten sich zwar zu solcher Kooperation bereit, zur Inangriffnahme der Arbeit scheint es aber nirgends gekommen zu sein.

⁵⁾ M. Nyrén, Bestimmung der Nutation der Erdschse, St. Petersburg 1872; Die Polhöhe von Pulkowa, St. Petersburg 1873.

Erst als *Küstner*⁶⁾ den einwandfreien Nachweis erbracht hatte, daß die Polhöhe der Berliner Sternwarte im Frühjahr 1885 um $0,20'' \pm 0,04''$ kleiner geworden war als im Frühjahr 1884, und als *Foerster* die Salzburger Konferenz der Internationalen Erdmessung wiederum hierauf aufmerksam gemacht hatte, erteilte diese ihrem Zentralbureau, dem Geodätischen Institut in Potsdam, den Auftrag, die erforderlichen Untersuchungen zur Ausführung zu bringen.

Nach der von *Küstner* mit so gutem Erfolge benutzten Methode von *Horrebow-Talcott* (Messung von Zenitdistanzunterschieden zweier in nahezu gleicher Höhe im Norden und im Süden kulminierenden Sterne mittels Mikrometer und Niveau) wurden im Januar 1889 in Berlin und Potsdam Polhöhenbeobachtungen begonnen, zu denen sich alsbald auch noch die Sternwarte in Prag gesellte; sie ergaben mit vorzüglicher Übereinstimmung einen Anstieg der Polhöhe bis zum

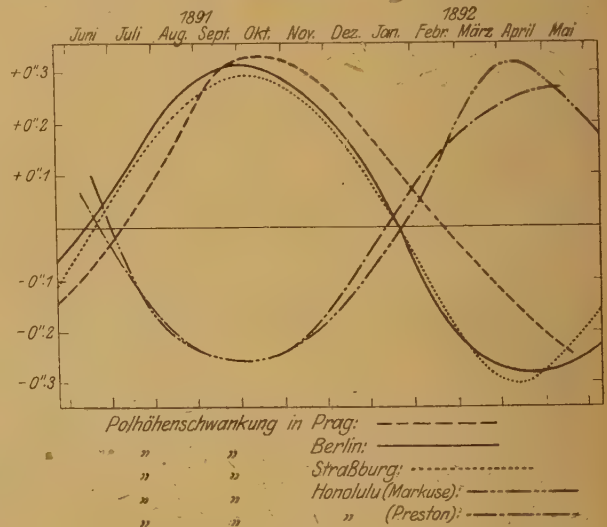


Fig. 1.

August 1889, dem im Februar 1890 ein um $0,5''$ tieferes Minimum folgte. Dieser gleichartige Verlauf der Polhöhenänderung an drei Orten war freilich noch kein bindender Beweis für eine Lagenänderung der Erdschse; als Ursache konnte immerhin noch eine Schwankung der Lotlinien angenommen werden, wenn auch der Betrag zu groß ist, um quantitativ durch geophysikalische Vorgänge von einiger Wahrscheinlichkeit erklärbar zu sein. Um zwischen beiden Erklärungsmöglichkeiten zu entscheiden, wurden 1891 eine deutsche und eine amerikanische Expedition nach Honolulu geschickt; dort mußte ja zur Zeit einer Annäherung des Nordpols an Mitteleuropa, die hier ein Anwachsen der Polhöhen verursacht, eine Abnahme der Polhöhe eintreten und umgekehrt. In der Tat ergaben die über ein Jahr lang durchgeführten Beobachtungen in Honolulu Polhöhenänderungen, die ein vollkommenes Spiegelbild der

⁶⁾ F. Küstner, Neue Methode zur Bestimmung der Aberrationskonstante nebst Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Polhöhe, Berlin 1888.

in Berlin, Prag und Straßburg beobachteten Schwankungen darstellten (s. Fig. 1), so daß nun jeder Zweifel daran beseitigt war, daß tatsächlich die Erdachse ihre Lage im Erdkörper verändert.

Von mehreren Seiten wurde jetzt versucht, auch in älteren Beobachtungsreihen Polhöenschwankungen nachzuweisen; namentlich *S. C. Chandler*⁷⁾ begann im November 1891 eine lange Reihe von Veröffentlichungen, die den Zweck verfolgten, eine Gesetzmäßigkeit der Polschwankungen empirisch herzuleiten. Auch er hatte in (Cambridge (Mass.) 1884 und 1885 Polhöenmessungen ausgeführt, die ebenso wie die Berliner Messungen von *Küstner* Schwankungen ergaben, die *Chandler* aber damals nicht für wirkliche Änderungen der Polhöhe zu halten gewagt hatte; jetzt fand er in diesen Schwankungen eine Periode von 427 Tagen, die auch durch andere ältere Beobachtungen in Pulkowa und Washington bestätigt wurde. Die weitere Auswertung der Beobachtungen in Greenwich, Melbourne, Leyden, Dublin, Dorpat usw. erwies das Nichtvorhandensein der Eulerschen 10-monatigen Periode, aber auch die 14-monatige Chandlersche Periode schien keineswegs konstant zu sein, und vor allen Dingen zeigte sich eine starke Veränderlichkeit der Amplitude; diese Erscheinung aber fand ihre Erklärung durch Interferenz einer jährlichen mit der 14-monatigen Schwingung.

Seine rein empirischen Untersuchungen führten *Chandler* schließlich zu der Ansicht, daß die Polbewegung sich aus einer jährlichen elliptischen und einer 14-monatigen Kreisschwingung zusammensetzt, wobei aber nicht nur die Amplituden veränderlich sein sollten, sondern auch die Dauer der 14-monatigen Periode, und zwar zwischen 423 und 434 Tagen. Angesichts der verhältnismäßig geringen Zuverlässigkeit der älteren Beobachtungen können aber die Zahlenkoeffizienten der Chandlerschen Formeln keine sehr große Genauigkeit beanspruchen, und in der Tat fanden z. B. die Brüder *Bakhuyzen*⁸⁾, daß die besten Beobachtungsreihen seit 1860 sich gut durch eine konstante 431-tägige neben der jährlichen Schwingung darstellen lassen.

Das große Verdienst, eine theoretische Erklärung der Chandlerschen Periode gegeben zu haben, gebührt *S. Newcomb*, der 1891⁹⁾ zeigte, daß die nur für eine vollkommen starre und unveränderliche Erde gültige Eulersche Periode sich verlängern muß, sobald der Erdkörper deformierenden Kräften teils durch Meeresströmungen, teils durch elastische Gestaltänderung nachgibt.

und daß die Chandlersche Periode nichts anderes ist als diese verlängerte Eulersche Periode.

In Fig. 2 bezeichne Q_0 den Punkt der Erdoberfläche, in dem der Trägheitspol infolge der Massenverteilung der Erde liegen würde, wenn mit der Trägheitsachse auch die Rotationsachse zusammenfielen; liegt nun aber zu irgend einer Zeit der Rotationspol im Punkte P_1 , so würde er, wenn die Erde starr wäre, eine Kreisbahn um Q_0 mit dem Radius Q_0P_1 und der Eulerschen Winkelgeschwindigkeit $360^\circ : 303,3 = 1,187^\circ$ täglich durchlaufen, in 10 Tagen also von P_1 nach P (Winkel $P_1Q_0P = 11,87^\circ$) gelangen. Wäre andererseits die Erde so nachgiebig gegen deformierende Kräfte, wie eine reibungslose Flüssigkeit, so würden sich ihre Teile infolge der durch die Rotation hervorgerufenen Zentrifugalkräfte jederzeit so anordnen, daß die Rotationsachse auch zugleich Hauptträgheitsachse wird, d. h. also, der Trägheitspol Q_0 würde, sobald die Rotation um P_1 erfolgt, sofort selbst nach P_1 rücken und hier verharren, bis etwa anderweitige Kräfte wiederum eine Änderung der Massenordnung bewirken. Nun wissen wir aber aus den Erscheinungen der Meereszeiten und andererseits aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen, daß die Erde elastisch deformierbar ist,

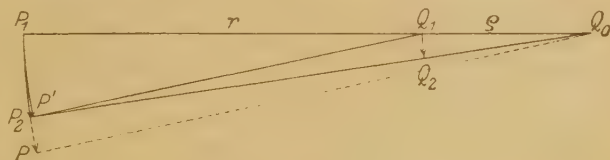


Fig. 2. Bewegung des Rotations- und des Trägheitspols.

und zwar ungefähr in solchem Maße, als ob sie aus Stahl bestände; infolgedessen gibt sie den deformierenden Zentrifugalkräften nur bis zu einem gewissen Grade nach, und zwar ordnen sich ihre Teile so an, daß der Trägheitspol von Q_0 aus nicht bis P_1 , sondern nur bis zu einem Punkte Q_1 rückt, der auf der Verbindungsgeraden Q_0P_1 liegt, wobei die Strecke $Q_0Q_1 = q$ einen konstanten, vom Starrheitskoeffizienten der Erde abhängigen Bruchteil der Strecke Q_0P_1 beträgt. Um diesen tatsächlichen Trägheitspol Q_1 würde nunmehr der Rotationspol die Eulersche Bewegung ausführen, also in 10 Tagen von P_1 nach P' gelangen, wenn Q_1 unverändert an seinem Platze bliebe; sobald aber der Rotationspol seinen Ort verändert, ändern sich auch die Zentrifugalkräfte und bedingen eine neue Anordnung der Teile der deformierten Erde, so daß der Trägheitspol von Q_1 nach Q_2 wandert, sobald der Rotationspol von P_1 nach P_2 gelangt. Solange also Q_0 — der „Figurenpol“, wie ihn *Newcomb*, oder der „unge störte“ Trägheitspol, wie ich ihn an anderer Stelle genannt habe — festliegt, beschreibt der Rotationspol um ihn als Zentrum eine Kreisbahn; seine Winkelgeschwindigkeit aber ist kleiner als die Eulersche, nämlich im Verhältnis $r : (r + q)$, so daß an Stelle der Eulerschen Periode eine im

⁷⁾ *Astronomical Journal* Vol. XI bis XVII. Boston 1892—1902.

⁸⁾ *H. G. van de Sande Bakhuyzen*, *Astron. Nachr.* Nr. 3275, *E. F. v. d. S. Bakhuyzen*, *Proc. of the R. Acad.*, Amsterdam 1898.

⁹⁾ „On the periodic variation of latitude . . .“, *Astron. Journ.* Vol. XI, Nr. 251; „On the dynamics of the Earth's rotation . . .“, *Monthly Notices* Vol. LII, 1892.

Verhältnis $(r + q) : r$ vergrößerte, eben die Chandlersche Periode tritt.

In Wirklichkeit liegt freilich auch Q_0 nicht fest, denn jede Änderung der Massenanzordnung der Erde, also *jeder geologische oder meteorologische Massentransport bewirkt eine Verlagerung von Q_0* ; daß die geologischen Wirkungen sehr geringfügig sind, wurde schon oben gezeigt, aber andererseits wies die empirisch gesicherte Existenz eines jährlich-periodischen Gliedes in den Polschwankungen neben dem Chandlerschen darauf hin, daß doch beträchtliche jährliche Wanderungen des ungestörten Trägheitspols stattfinden müssen. Zu ihrer Erklärung schienen anfangs meteorologische Vorgänge, namentlich die durch Niederschläge bewirkten Massentransporte als quantitativ unzureichend, bis *Radau*¹⁰⁾ und *Helmert*¹¹⁾ nachwiesen, daß ihre Wirkung durch eine Art Resonanzerscheinung fast 6-mal vergrößert in den Polschwankungen zutage treten muß. Obwohl unsere Kenntnis der Luftdruckverteilung in den verschiedenen Jahreszeiten auf der ganzen Erdoberfläche noch sehr lückenhaft ist, gelang es dennoch *R. Spitaler*¹²⁾ nachzuweisen, daß die jährlichen Luftmassentransporte der Größenordnung nach reichlich genügen, um die beobachteten Polschwankungen zu erklären.

Unsere empirische Kenntnis der Polbewegung wurde im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts außerordentlich gefördert durch besondere Polhöhenbeobachtungen auf einer größeren Anzahl von Sternwarten in Europa, Nordamerika, zeitweise auch in Japan und, wie bereits erwähnt, in Honolulu. Die Resultate dieser Kooperation, die im Auftrage der Internationalen Erdmessung von *Th. Albrecht*¹³⁾ in Potsdam bearbeitet wurden, zeigten, daß die Bewegung des Rotationspols durch einfache Formeln nach Art der Chandlerschen keineswegs befriedigend darstellbar ist, was ja auch durchaus nicht überraschen kann. Schon 1888 hatte *Küstner* die Ursache richtig erkannt; er sagt auf S. 55 seiner klassischen Arbeit: „Will man mit uns die Hauptursache in meteorologischen Vorgängen — diesen Begriff im weitesten Umfang genommen — suchen, so knüpfen sich daran, daß diese selbst in ihrem Auftreten räumlich und zeitlich an gewisse Gesetze gebunden sind, weitere interessante Fragen über gesetzmäßige Verschiebungen der Hauptträgheitsachse (vgl. *Helmert*, *Höh. Geod.* II, 418); es ist nur, was ihren Nachweis durch die Beobachtungen — da ihre Berechnung durch die Theorie zurzeit unmöglich scheint — anlangt, zu befürchten, daß die hier aller Wahrscheinlichkeit

nach vorhandenen Perioden ihrerseits auch wieder durch unregelmäßige Schwankungen gänzlich überwuchert sein werden.“

Der Verlauf der Polbewegung von 1890 bis 1900, wie ihn *Th. Albrecht*¹⁴⁾ mit Unterstützung des Verfassers aus den Beobachtungen von 22 Sternwarten abgeleitet hat, ist in Fig. 3 wiedergegeben. Die Kurve stellt die Bahn des Rotationspols auf der Erdoberfläche in 155-facher Verkleinerung dar; das rechtwinklige Koordinatensystem ist so angeordnet, daß die positive x-Achse nach Greenwich, die y-Achse nach Nordamerika (ungefähr St. Louis) gerichtet ist, und der Maßstab ist links und unten in Bogen Sekunden, rechts und oben in Metern auf der Erdoberfläche gegeben.

Unter den zur Polhöhenbestimmung benutzten Beobachtungsmethoden spielten die Messungen absoluter Zenitdistanzen nur noch eine ganz untergeordnete Rolle; ihnen haftet der große Mangel an, daß die atmosphärische Strahlenbrechung mit ihrem vollen Betrage in die Resultate eingeht. Die seit 1890 besonders bevorzugte Methode von *Horrebow-Talcott* bietet dagegen den großen Vorteil, daß man den absoluten Betrag der Refraktion nicht zu kennen braucht; nur die sehr kleine Differenz der Refraktionen für die sehr wenig verschiedenen Zenitdistanzen der beiden Sterne eines Paares geht in das Resultat ein. In dieser Beziehung ist die Horrebow-Methode daher gleichwertig mit den Durchgangsbeobachtungen im ersten Vertikal, die ebenfalls mit meist gutem Erfolg benutzt wurden.

Aber nicht alle an der Kooperation der 90-er Jahre beteiligten Sternwarten lieferten dauernd zufriedenstellende Resultate; zeitweilig wichen die Beobachtungen in Pulkowa und Washington so stark vom Resultat der übrigen Stationen ab, daß der Wunsch, eine noch sicherere Kenntnis der Polbewegung zu erlangen, die Internationale Erdmessung zur Organisation eines besonderen Internationalen Breitendienstes veranlaßte, der Ende 1899 seine Tätigkeit begann. Sechs auf demselben Parallelkreis in 39° 8' n. Br. gelegene (Buchara), Carloforte (bei Sardinien), Gaithersburg (bei Washington), Cincinnati und Ukiah (Kalifornien) beobachteten nach der Horrebow-Methode ein gemeinsames Sternprogramm, das sich aus 12 Gruppen von je 8 Sternpaaren zusammensetzt. Die Gemeinsamkeit des Programms brachte den ganz besonders wichtigen Vorteil mit sich, daß das Resultat für die Polbewegung im Gegensatz zu allen früheren Reihen von der Kenntnis der Deklinationen der benutzten Sterne unabhängig wird. Freilich wurde dieser Vorteil bei der im Zentralbureau der Internationalen Erdmessung in Potsdam ausgeführten Reduktion

¹⁰⁾ *R. Radau*, Bulletin astronomique T. VII.

¹¹⁾ *F. R. Helmert*, Astron. Nachr. Nr. 3014.

¹²⁾ „Die Ursache der Breitenschwankungen“, Wien 1897; Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft Nr. 137 usw.

¹³⁾ „Bericht über den gegenwärtigen Stand der Erforschung der Breitenvariation im Dezember 1897“, Berlin 1898; „Bericht . . . am Schlusse des Jahres 1899“, Berlin 1900.

¹⁴⁾ In den unter 13 angeführten Berichten und Astron. Nachr. Nr. 3489, 3633 und 3744 (für die Epochen 1899,8, 1899,9 und 1900,0).

der Beobachtungen¹⁵⁾ anfangs nur teilweise ausgenutzt; die Reduktion erfolgte vielmehr ebenso wie die der Horrebow-Beobachtungen der 90-er Jahre nach der „Kettenmethode“, die hier an einem vereinfachten Schema näher erläutert werden soll.

Wir nehmen an, daß nur 4 Sternpaare in 0^h, 6^h, 12^h und 18^h Rektaszension beobachtet werden, und zwar im ersten Vierteljahr in jeder Beobachtungsnacht die Paare I und II, im zweiten II und III, im dritten III und IV, im vierten IV und I, was sich Jahr für Jahr wiederholt. Jede Beobachtung liefert einen Wert für

und die des vierten: $\varphi_{4IV} = \delta_{IV} + A_{4IV}$ und $\varphi_{4I} = \delta_I + A_{4I}$. Die Deklinationen, die anderweitig nicht mit genügender Genauigkeit bestimmt werden können, müßten aus den Polhöhenbeobachtungen selbst abgeleitet werden; diese ermöglichen freilich nur die Bestimmung der Differenzen der Deklinationen, unter der Voraussetzung, daß die Polhöhe sich im Laufe einer Nacht nicht ändert, daß also $\varphi_{1I} = \varphi_{1II}$, $\varphi_{2II} = \varphi_{2III}$ ist usw. Dann wird $\delta_I - \delta_{II} = A_{1II} - A_{1I}$; $\delta_{II} - \delta_{III} = A_{2III} - A_{2II}$ usw. Da es sich aber nur um die Bestimmung der Polhöhenänderungen handelt, wozu eine

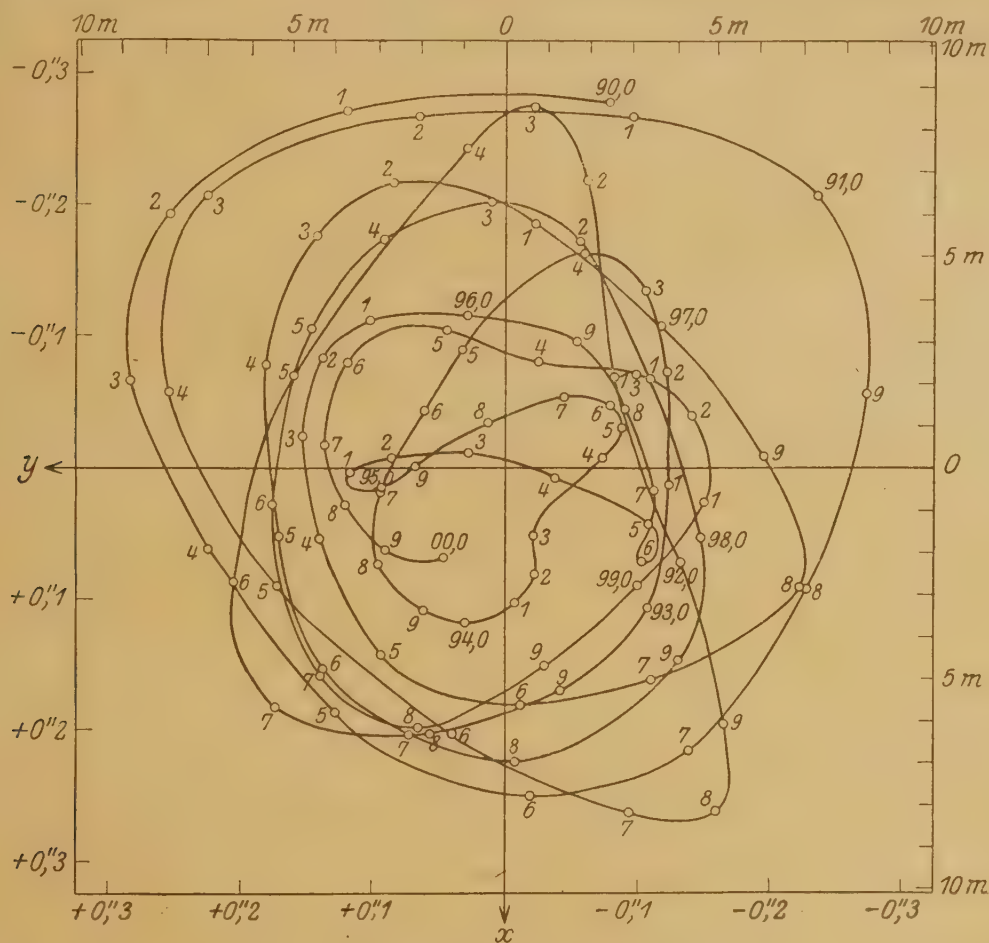


Fig. 3. Bahn des Nordpols von 1890 bis 1900.

die Polhöhe, die gleich ist dem um die gemessene Zenitdistanzdifferenz Δ korrigierten Mittel aus den Deklinationen beider Sterne eines Paares ($\delta_I, \delta_{II}, \delta_{III}, \delta_{IV}$). Die Beobachtungen des ersten Vierteljahres liefern also aus Paar I Polhöhenwerte: $\varphi_{1I} = \delta_I + A_{1I}$ und aus Paar II: $\varphi_{1II} = \delta_{II} + A_{1II}$; die Beobachtungen des zweiten Vierteljahres $\varphi_{2II} = \delta_{II} + A_{2II}$ und $\varphi_{2III} = \delta_{III} + A_{2III}$, die des dritten: $\varphi_{3III} = \delta_{III} + A_{3III}$ und $\varphi_{3IV} = \delta_{IV} + A_{3IV}$,

Kenntnis der absoluten Polhöhe entbehrlich ist, so genügt auch die Kenntnis der Deklinationen, und man darf für die absolute Deklination eines beliebigen Paares, also z. B. δ_I (oder, wie das auch in Wirklichkeit geschieht, für das Mittel aus den Deklinationen aller Paare) irgendeinen beliebigen Wert willkürlich annehmen, erhält also:

$$\begin{aligned} \delta_{II} &= \delta_I + A_{1I} - A_{1II}, \\ \delta_{III} &= \delta_I + A_{1I} - A_{1II} + A_{2II} - A_{2III}, \\ \delta_{IV} &= \delta_I + A_{1I} - A_{1II} + A_{2II} - A_{2III} \\ &\quad + A_{3III} - A_{3IV}. \end{aligned}$$

¹⁵⁾ Th. Albrecht und B. Wanach, „Resultate des internationalen Breitendienstes“, Bd. I–V, Berlin 1903–1916.

Damit sind alle Deklinationen bestimmt, und die Beobachtungen des vierten Quartals geben zur Kontrolle:

$$\delta_I = \delta_I + A_{1I} - A_{1II} + A_{2II} - A_{2III} \\ + A_{3III} - A_{3IV} + A_{4IV} - A_{4I}.$$

Bei absoluter Fehlerfreiheit müßte die Summe der 4 Differenzen

$$A_{1I} - A_{1II} + A_{2II} - A_{2III} + A_{3III} - A_{3IV} \\ + A_{4IV} - A_{4I} = 0$$

sein, was natürlich in Wirklichkeit nie eintritt; ihr Betrag, der „Schlußfehler“, erwies sich sogar fast in allen Beobachtungsreihen wesentlich größer, als nach Maßgabe der anderweitig abgeleiteten mittleren Beobachtungsfehler zu erwarten war. Unter den Ursachen, die einen solchen Schlußfehler erzeugen können, spielt eine historisch bedeutsame Rolle die Aberrationskonstante, die für jede Beobachtungsreihe so gewählt werden kann, daß der Schlußfehler verschwindet; dieser Methode zur Bestimmung der Aberrationskonstanten verdankt nämlich die Horrebow-Methode ihre Einführung in die moderne astronomische Praxis durch die oben genannte Arbeit von Küstner.

Es hatte sich aber schon früher gezeigt und bestätigte sich in verstärktem Maße im Internationalen Breitendienst, daß verschiedene Stationen und sogar verschiedene Jahrgänge derselben Station so stark voneinander abweichende Schlußfehler (und damit so verschiedene Werte für die Aberrationskonstante) ergeben, daß die Hauptursache der Schlußfehler anderwärts gesucht werden muß. Schon 1896 hatte R. Schumann¹⁶⁾ auf die Rolle hingewiesen, die in dieser Beziehung die Refraktionsanomalien spielen.

In der astronomischen Theorie der Refraktion wird angenommen, daß die Luftschichten gleicher Dichte und Temperatur konzentrisch mit der Erdoberfläche liegen, so daß die Refraktion im Zenit selbst = 0 ist; diese Annahme entspricht aber einem Idealzustand der Atmosphäre, der niemals in aller Strenge verwirklicht ist. Jedes horizontale barometrische oder Temperaturgefälle bedingt eine Neigung der Schichten gleichen Brechungsvermögens gegen den Horizont und dadurch eine Zenitrefraktion, die recht merklich werden kann, wenn die Schichtenneigung nur hoch genug in die Atmosphäre hinaufreicht. Hierüber wissen wir aber zurzeit noch zu wenig Sicheres und sind einstweilen nur auf beiläufige Schätzung der Größenordnung solcher Störungen angewiesen. Die Wirkung eines Luftdruckgefälles dürfte nur selten 0,01'' im Zenit überschreiten, ein Temperaturgefälle aber, wie es an der Küste oder im Gebirge nicht selten auftritt, kann nach einer Schätzung von E. v. Oppolzer¹⁷⁾

leicht 0,1'' Zenitrefraktion überschreiten; im Flachlande freilich wird dieser Betrag wohl nur in Ausnahmefällen erreicht werden.

(Schluß folgt.)

Über die Deutung des Weberschen Gesetzes.

Von Prof. Dr. Karl Bühler, Dresden.

1. Eine sehr interessante Arbeit von A. Pütter¹⁾ kommt zu dem Ergebnis: „Das Webersche Gesetz, wonach die absolute Unterschiedsschwelle *proportional* der Reizintensität, die relative Unterschiedsschwelle *konstant* sein soll, ist falsch“, vielmehr ist „die absolute wie die relative Unterschiedsschwelle eine Exponentialfunktion der Reizintensität“ (S. 260). Wenn man bedenkt, welche Riesensumme von Arbeit an dies Gesetz und seine exakte Formulierung gewendet worden ist, wenn man weiß, daß seit zwanzig Jahren kaum ein Kandidat des höheren Lehramtes den Klauen des Examinators der Psychologie entronnen sein dürfte, ohne seine flüchtige oder tiefere Bekanntschaft mit dem „Grundgesetz der Psychophysik“ nachgewiesen zu haben, so klingt die These von Pütter zunächst etwas alarmierend. Doch wird es, wie ich meine, ohne Revolution abgehen und die Untersuchung von Pütter doch ihr Interesse für die Seelenlehre behalten.

Wie steht es doch um das Webersche Gesetz in der Psychologie? Fechner sah in ihm die Übergangsrelation aus dem Physischen ins Psychische, niemand aber folgte ihm in dieser Deutung. Vielmehr ist die Psychologie einmütig der Überzeugung, daß die Erklärung entweder in dem seelischen Prozeß des Vergleichens oder in den physiologischen Vorgängen der Reizung und Erregungsleitung gesucht werden müsse, zwei Annahmen, die sich im übrigen gegenseitig nicht ausschließen, sondern sehr wohl nebeneinander bestehen können. Daß ein mittelgroßer Mann neben einem Riesen „klein“ und neben einem Zwergen „groß“ erscheint, wird man kaum anders als durch einen Wechsel, eine Veränderung des Vergleichsmaßstabes erklären können; das Webersche Gesetz gilt (mit den nötigen Einschränkungen) auch für die Schätzung von Raum- und Zeitstrecken und wird hier aus der Art, wie Größeneindrücke und ihr Vergleich zustande kommen, erklärt werden müssen. Doch das einstweilen nur nebenbei. Wenn schon die Reizvorgänge an Protozoen und Pflanzen einem ähnlichen Gesetze folgen, so ist da von Vergleichen und Ähnlichem keine Rede mehr, und es bleibt nur übrig, den Reizvorgang selbst verantwortlich zu machen.

Pütter sucht von ganz allgemeinen Überlegungen aus die Reizung zu verstehen, nämlich „aus den Vorstellungen heraus, die wir auf Grund der Erforschung des Stoffumsatzes und Stoffaus-

¹⁶⁾ „Über den Einfluß einer unsymmetrischen, veränderlichen Refraktion auf die Polhöfenschwankung“, Astron. Nachr. Nr. 3365.

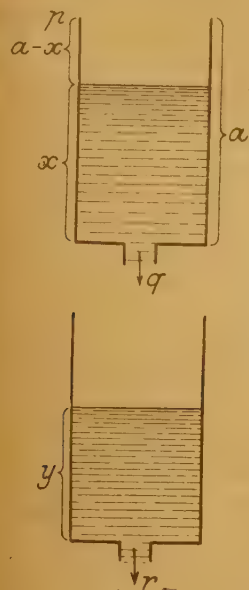
¹⁷⁾ Artikel „Strahlenbrechung“ in Valentiners „Handwörterbuch der Astronomie“ Bd. III, 2, Breslau 1901.

¹⁾ A. Pütter, Studien zur Theorie der Reizvorgänge. I. bis IV. Mitteilung. Pflügers Arch. 171, S. 201, 1918.

tausches über die Vorgänge in den lebenden Systemen gewonnen haben“ (201). Man wird sich die Reizung als eine Störung des Gleichgewichtes in der Bildung oder dem Austausch gewisser Stoffe zu denken haben. Angenommen es handelt sich um hinreichend geschlossene „Reizräume“, etwa Sinneszellen wie die Stäbchen und Zapfen der Netzhaut, und um äußere Einwirkungen, die wie das Licht beim Beginn der Reizung sehr rasch auf ihre volle Intensität anschwellen, so dürften die Verhältnisse einer allgemeinen mathematischen Behandlung zugänglich sein. Das Licht wirkt auf lichtunbeständige Stoffe, allgemein: der Reiz wirkt auf *sensible* (S-)Stoffe ein und wandelt sie in *Erregungs*-(R-)Stoffe um. Die S-Stoffe sind aus einem Ausgangsmaterial, den A-Stoffen entstanden, die R-Stoffe sind „intermediäre Stoffwechselprodukte“, die aus dem Reizraum weggeschafft oder sonstwie beseitigt werden müssen. „Die Grundannahme für die Theorie der Reizvorgänge ist nun, daß der Zustand der Erregbarkeit bzw. der Erregung durch die jeweilige Konzentration der R-Stoffe bestimmt ist“ (204).

Und wovon ist diese Konzentration abhängig? Wenn gewisse allgemeine Voraussetzungen wie die Gültigkeit des Massenwirkungsgesetzes für alle chemischen Reaktionen und die Gültigkeit des Diffusionsgesetzes für alle physikalischen Vorgänge der Reizung zutreffen, und wenn außerdem gewisse vereinfachende Annahmen erlaubt sind,

so kann man sich die Verhältnisse an einem physikalischen Modell klar machen. „In einem Gefäß *O*, dessen Höhe *a* ist, befindet sich Wasser bis zur Höhe *x*. Der Wasserzufluß zu dem Gefäß ist so geregelt, daß er nur oberhalb der oberen Grenze der Wassersäule, also nur auf Strecke (*a*—*x*) stattfindet. Seine Größe ist proportional der Strecke (*a*—*x*) und proportional einem Faktor *p*, der die Größe des Zuflusses pro Einheit der Strecke mißt. — Am Boden des Gefäßes befindet sich ein Loch, durch das das Wasser ausfließt. Der Ausfluß ist proportional der Höhe der Wassersäule *x* (in



dem Gedankenmodell, nicht in dem wirklichen) und dem Faktor *q*, der von der Größe des Loches abhängt. — Aus dem Gefäß *O* fließt das Wasser in das Gefäß *U*, das gleichfalls im Boden ein Loch hat“, und für das die entsprechenden Ansätze gelten. Die Größe *x* bedeutet die jeweilige Konzentration der S-Stoffe im Reizraum, die Größe *y* die jeweilige Konzentration der R-Stoffe in demselben Reizraum. „Die Auf-

gabe ist: Es sollen die jeweiligen Höhen des Wasserstandes in *O* und *U*, also die Größen *x* und *y*, als Funktionen der Zeit *t* dargestellt werden.“ Aus den Differentialgleichungen, deren Aufstellung und Integration Herr Professor *Study* übernahm — wir müssen und können hier auf ihren Abdruck verzichten —, hat *Pütter* eine Reihe auch für den Psychologen nicht uninteressanter Folgerungen gezogen.

2. Zunächst über die *Reizschwelle* oder, wie *Pütter* sie nennt, die *Nullschwelle*, d. h. diejenige Reizgröße, die zu einer ebenmerklichen Empfindung führt. Dieser Reizgröße entspricht, wie man weiß, eine mit verschiedenen Umständen wechselnde Energiemenge, die z. B. beim Sehorgan unter anderem in nicht ganz einfachem Verhältnis von der Reizintensität, der Reizdauer und der Reizfläche abhängig ist; beim Drucksinn bestehen ähnliche, in gewisser Hinsicht schwerer, in anderer Hinsicht leichter überschaubare Verhältnisse. *Pütters* Modell gestattet eine theoretische Deutung der über das Verhältnis von Intensität und Dauer der Schwellenreize experimentell gefundenen Daten. „Die Reizintensität, die notwendig und hinreichend ist, um eine Schwellenreizung des menschlichen Auges zu bewirken, ist eine Exponentialfunktion der Zeit, während der der Reiz einwirkt.“ „Die Theorie gestattet zahlenmäßig richtig, für jede Reizzeit die notwendige Intensität zu berechnen, und läßt als Grenzfälle erkennen, daß für kurze Reizzeiten (< 0,05 Sekunden) die Intensität umgekehrt proportional der Reizzeit ist, für lange Reizzeiten (> 0,5 Sekunden) dagegen unabhängig von der Reizzeit“ (228 f.). Außerdem wird aus gegebenen Beobachtungsdaten ein interessanter Wert, nämlich „die absolute Länge der theoretischen Zeiteinheit für das menschliche Auge“ definiert und auf 2,2 σ bestimmt. Eine Erläuterung dieses Begriffes würde hier zu weit führen, doch sei im Vorbeigehen für Psychologen bemerkt, daß man diesen Wert ins Auge fassen müßte bei der Untersuchung der Wahrnehmung von Helligkeitsveränderungen (Aufhellung, Verdunkelung). *Pütter* selbst stellt hier seine Ausgangsannahme, daß für den Erfolg einer Reizung die Konzentration der R-Stoffe (relativ zu dem Grundumsatz im ruhenden Sinnesorgan betrachtet) maßgebend sei, in Frage zugunsten einer anderen möglichen Annahme, nämlich ob etwa die Nullschwelle erreicht wird, „wenn die Konzentration der R-Stoffe unter der Wirkung des Reizes mit einer gewissen Anfangsgeschwindigkeit zu steigen beginnt“.

3. Damit ist unter bestimmten Voraussetzungen auch das Problem der *Unterschiedsschwelle* gelöst. *Pütter* nimmt, ähnlich wie *Fechner*, an, daß die Nullschwelle nichts anderes als die unterste Unterschiedsschwelle ist und daß für alle anderen Unterschiedsschwellen der ganzen Reizskala dasselbe gilt wie für sie: immer dann, wenn die Konzentration der R-Stoffe um einen gewissen konstanten Betrag anwächst, wird die

Intensitätsverschiedenheit merkbar. Also ist auch die Unterschiedsschwelle eine Exponentialfunktion der Reizintensität. Man wußte von Anfang an in der Psychophysik, daß der Satz von der Konstanz der relativen Unterschiedsschwelle (Webersches Gesetz) nur für einen gewissen mittleren (optimalen) Bereich von Intensitäten als gültig angesehen werden dürfe, aus Pütters Formeln werden nun die sogenannten „Abweichungen“ im Bereich der kleinsten und größten Intensitäten gesetzmäßig verständlich. Es gilt, die Theorie an Beobachtungsdaten zu erproben. Die folgende Tabelle gibt die Verhältnisse auf dem Gebiete des Drucksinnes der Haut wieder:

Unterschiedsschwellen für Druckreize.

Normalgewicht g	Eben merklicher Zuwachs in Prozenten des Normalgewichtes	
	beobachtet	berechnet
1	50	82
5	20	18,5
10	10,1	10,1
25	5,3	5,2
50	4,2	3,5
75	3,7	3,4
100	3,5	3,2
150	3,4	3,2
200	3,2	3,4

Das ist eine sehr gute Übereinstimmung; schade, daß der wieder ansteigende Ast der Kurve in den Beobachtungsdaten fehlt, er müßte nach der Theorie ungefähr symmetrisch zu dem absteigenden Ast verlaufen. Auch die Tatsachen des Lichtsinnes fügen sich, wie die folgende Tabelle beweist, ausgezeichnet bis auf den einen Punkt des Wiederanstieges. Wohl möglich, daß

Unterschiedsschwellen für Lichtreize.

Reizintensität J in theoretischem Maße	$100 \cdot \frac{\Delta J}{J}$	
	beobachtet	berechnet
0,126	69,5	100
0,315	48,2	52,9
0,63	37,7	36,9
1,26	28,3	24,6
3,15	18,8	16,3
6,3	12,3	10,5
12,6	9,39	7,2
31,0	5,93	5,25
58	4,77	3,60
100	3,96	2,75
197	3,24	2,2
350	2,98	1,82
550	2,22	1,44
960	1,92	1,13
1 620	1,78	1,1
2 880	1,81	1,0
6 300	1,79	0,86
12 000	1,76	0,94
43 000	1,75	1,77
57 300	1,73	2,0
108 000	1,95	2,66
216 000	2,67	5,7
540 000	2,73	8,5
1 080 000	3,58	25,0

die besonderen Überlegungen, die Pütter anstellt, um diese Abweichung zu erklären, treffend und hinreichend sind, doch möchte man der Theorie ein Empfindungsgebiet wünschen, wo sie nicht gemacht werden müssen¹⁾. Und noch eins! Der Drucksinn der Haut erfüllt die Aufgabe der Gewichtsvergleichung sozusagen nur im Nebenamte, und ganz durchsichtig sind die älteren Versuche, auf die sich Pütter stützt, nicht. Das eigentliche Organ der Gewichtsvergleichung ist nach den schönen neueren Untersuchungen von Freys der „Kraftsinn“, der unter optimalen Bedingungen arbeitet, wenn wir z. B. einen Brief, ein Buch, eine Kugel in der Hand mehrmals hintereinander prüfend auf- und abwegend (etwa durch Exkursionen im Ellenbogengelenk, während der Oberarm an den Körper angelegt bleibt)²⁾. Wenn die Theorie den ganzen Komplex von Tatsachen, die unter dem Namen des Weberschen Gesetzes gehen, beherrschen sollte, müßte sie hier ihren schönsten Triumph feiern.

4. Ich komme auf den Anfang zurück. Wenn ein Phänomen des Bewußtseins in den Erfahrungskreis des Physiologen tritt, so sucht er es mit Recht so konstant zu halten, daß es aus dem Zusammenhang der Faktoren, die ihn eigentlich und einzig interessieren, an passender Stelle wieder eliminiert werden kann. So auch hier mit der Empfindung. Die Phänomene der „ebenmerklichen Empfindung“ und des „ebenmerklichen Empfindungsunterschiedes“ dienen in der Reizphysiologie nach einem treffenden Ausdruck *Verworn*s nur als bequeme *Indikatoren*, solange man die Erfolge einer Reizung auf keinem anderen Wege feststellen kann. Nichts liegt, wo man auf Indikatoren angewiesen ist, näher, als gewisse Konstanzannahmen, von denen denn auch *Fechner* ausgiebig Gebrauch gemacht hat. Pütter hält seine Ausführungen in erfreulicher Weise von diesen recht zweifelhaften Annahmen frei. Bis zum Schluß, wo er mit den nötigen Vorbehalten eine Korrektur der Fechnerschen Maßformel vornimmt. Da steht dann z. B. über die Fechnersche Voraussetzung, daß man alle ebenmerklichen Empfindungszuwächse auf der ganzen Intensitätskala als gleiche Größen ansehen dürfe: „Die

¹⁾ Die nicht umgerechnete Tabelle von König und Brodhun, wie sie z. B. Ebbinghaus in seinem Lehrbuch verwendet (2. Aufl., S. 523, 4. Aufl., S. 544), folgt merkwürdigerweise der Theorie Pütters in diesem Punkte viel besser (die Schwelle sinkt von $\frac{1}{27}$ bei dem schwächsten Reiz auf $\frac{1}{60}$ bei mittleren und steigt wieder auf $\frac{1}{26}$ bei dem stärksten Reiz an). Ebbinghaus ist auch Zeuge dafür, wie wenig man den Näherungscharakter des Weberschen Gesetzes im Kreise der Psychologen verkannt hat; er betont immer wieder, daß das „wahre Bildungsgesetz“ der König-Brodhunschen Kurve noch gefunden werden müsse. Da er außerdem der Annahme zuneigte, „daß das Webersche Gesetz bereits bei der Übertragung der äußeren Reize auf die nervösen Elemente der Sinnesorgane seine Stelle hat“, so hätte er wohl Pütters Theorie als eine schöne Erfüllung eigener Vermutungen begrüßt.

²⁾ Vgl. Ebbinghaus, Grundzüge der Psychol. I^a, 1919, S. 406 ff.

Annahme ist bestritten. Man braucht sie aber garnicht als eine eines Beweises bedürftige Annahme zu betrachten, sondern kann sie als eine zweckmäßige Festsetzung ansehen“ (S. 253). Nun, so einfach liegen die Dinge doch nicht. Derart souverän könnte man nur dann verfahren, wenn diese ebenmerklichen Zuwächse uns stets nur isoliert gegeben wären und nicht in andere, bestimmbare Intensitätsstrecken eingingen. Es gibt auch übermerkliche Intensitätsunterschiede, die sich vergleichen lassen, die Aufgabe z. B., zu zwei gegebenen Helligkeiten eine dritte zu finden, die subjektiv in ihrer Mitte liegt, ist durchaus lösbar. Und da muß sich dann zeigen, ob jene Voraussetzung gültig ist, denn die übermerklichen Unterschiede sind doch wohl aus ebenmerklichen integriert zu denken, müssen also, wenn sie selbst gleich sind, aus gleich viel ebenmerklichen bestehen, falls diese alle gleich groß sind. Auch die Feststellung, alle ebenmerklichen Unterschiede sollen willkürlich als unendlich kleine Größen angesehen werden, wird hier eine empirische Schranke finden. Wenn mit ihr die Fechnersche oder eine andere Maßformel fallen sollte, so sei's drum, denn mit ihnen kann die Empfindungslehre doch nicht viel anfangen.

Noch ein anderer Satz reizt den Psychologen zum Widerspruch. *Pütter* schreibt: „Psychologisch wie physiologisch ist die Annahme gleich notwendig, daß die Vorgänge, die unter der Wirkung unterschwelliger Reize vor sich gehen, nur quantitativ, nicht qualitativ verschieden von den Vorgängen sind, die bei Schwellenreizung oder überschwelliger Reizung vor sich gehen“ (258). Wenn es sich um die Unterschiedsschwelle handelt, gewiß; die Psychologie nimmt fast einmütig an, daß die Empfindungsintensität stetig wächst bei stetiger Verstärkung des Reizes. Aber für die Nullschwelle könnten die Verhältnisse doch anders liegen. Wie wäre es z. B. wenn von unterschwelligen Reizen überhaupt keine Erregung in das Gehirn käme? Daß auch in diesem Falle eine nur unbemerkte Empfindung entstehen müsse, ist doch wohl alles eher als eine selbstverständliche Annahme.

Doch das sind im Rahmen einer physiologischen Untersuchung ja nur kleine Schönheitsfehler. Im ganzen wird der Psychologe den Fortschritt der *Pütterschen* Theorie gern und dankbar anerkennen. Bietet sie doch endlich an einem Punkte die lange vermißten physiologischen Vorstellungen für die Deutung der quantitativen Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung. Daß mit dem Übergang des Prozesses von der Sinneszelle auf den sensorischen Nerv alles Problematische an diesen Beziehungen erledigt sei, wird man nicht annehmen, das hat ja auch *Pütter* explizite nicht behauptet. Wenn der Name „Webersches Gesetz“ nicht sofort aus der Psychologie verschwindet, so wird daran nicht allein die geistige Trägheit, sondern auch das Bedürfnis, für einen größeren Komplex von Tatsachen, als ihn *Pütter*

im Auge hat, eine zusammenfassende Bezeichnung zu haben, schuld sein. Das aber wird *Pütter* verlangen dürfen, daß man beim Gebrauch der alten Näherungsformel $[E = \log R]$ in Zukunft an den exakteren Ausdruck $[E = H (1 - e^{-\frac{R}{H}})]$ mitdenkt, ungefähr so, wie man beim Gebrauch der einfachen Formel für das Pendelgesetz nicht vergißt, daß sie eigentlich, streng genommen, ungültig ist.

Über die Funken und den Geruch beim Aneinanderschlagen von Mineralien.

Von Prof. Dr. A. Johnsen, Kiel.

I.

Obwohl *R. J. Haüy* bereits im Jahre 1801 jedes Mineral in eine von vier Härtegruppen einordnete, je nachdem es Quarz, Glas, Kalkspat zu ritzen oder nicht zu ritzen vermochte, waren doch bis zu der sich hieran anlehnenden Härtestufung¹⁾ durch *F. Mohs* (1822) das Kratzen mit dem Fingernagel, das Ritzen auf einer Glasscheibe, das Schaben mit dem Messer und das Schlagen am Feuerstahl die üblichen Methoden der Härteprüfung. Die hierbei speziell dem Stahl zugeschriebene Rolle wird aus *A. G. Werners* Feststellung (1774) ersichtlich, daß Diamant, Korund, Granat, Quarz, Flint²⁾, Schwefelkies und Feldspat die Feile unter Funkenbildung angreifen, daß dagegen Flußspat und Zinkblende dies nicht tun, sondern sich mit dem Messer schaben lassen. Ähnlich äußern sich *C. v. Linné* (1777), *R. Kirwan* (1785) u. a. Später fand man, daß die Stahlfeile nur von denjenigen Mineralien angegriffen wird, deren Härte in der Mohsschen Skala mindestens an $H = 6$ heranreicht. Dementsprechend sagt *C. Hintze* in seinem Handbuch (1904) vom Arsenkies mit der Härte $H \leq 6$ ausdrücklich, daß er am Stahl funke.

Allen diesen Angaben liegt offenbar die Tatsache zugrunde, daß die Funken, die beim Schlagen mit Stahl entstehen, erhitzte, losgerissene und an der Luft verbrennende Eisenpartikelchen nach Art der sogenannten Staubmeteoriten³⁾ sind.

¹⁾ Der Mineraloge *F. Mohs* ordnete die Mineralien nach ihrer Härte H in 10 Klassen mit den Härtenummern 1—10, die der Reihe nach den Mineralarten Talk, Gips, Kalkspat, Flußspat, Apatit, Feldspat, Quarz, Topas, Korund und Diamant zugeordnet wurden; jedes dieser 10 Mineralien ritzt sämtliche vorhergenannten, aber keines der folgenden. Ritzt nun ein Mineral z. B. den Kalkspat ($H = 3$), nicht aber den Flußspat ($H = 4$), so liegt seine Härte H zwischen 3 und 4.

²⁾ Flint ist dasselbe wie Feuerstein und chemisch mit Quarz (SiO_2) identisch. Er stellt ein Aggregat, d. h. eine Verwachsung von vielen kleinen Kriställchen dar, die übrigens alle gleichartig sind.

³⁾ Feine vom Himmel fallende und in der Erdatmosphäre verglimmende, d. h. zu Eisenoxyden verbrennende Meteoriteilchen.

II.

Verwickelter werden die Vorgänge beim Aneinanderschlagen zweier gleichartiger Mineralien.

Führt man ein paar Stücke Feuerstein halb schlagend, halb wetzend aneinander hin, so blitzen im Dunkeln und sogar bei Tageslicht an den Berührungstellen gelbe Lichtpünktchen auf. Diese Eigentümlichkeit zeigt sich ebenso unter Wasser wie an der Luft, und stellt somit eine „kalte Strahlung“ dar, die nach ihrer Erregungsart als Tribolumineszenz oder Reibungslumineszenz bezeichnet wurde, nach heutiger Ansicht aber im Grunde nicht durch Reibung, sondern durch Zerbrechung entsteht. A. Imhof (1917) fand diese Lumineszenz außer am Flint besonders deutlich an Quarz, Opal, Quarzglas, Apatit, Flußspat und Zinkblende; ich beobachtete sie ebenso ausgeprägt am Achat der Melaphyre wie am organogenen Feuerstein, am pyrogenen⁴⁾ Quarz der Liparite wie am Bergkristall von Madagaskar und den Alpen, am Sanidin der Eifel wie am Adular vom St. Gotthard und recht kräftig auch an Obsidianen⁵⁾ von Island, Lipari, Eriwan und Ascension sowie am Moldawit⁶⁾ von Budweis in Böhmen, während Flaschenglas, Fensterglas, Spiegelglas und Tempaxglas (Aluminiumborosilikatglas) äußerst schwach oder gar nicht tribolumineszierten. Das Aufblitzen, das am Diamanten während des sogenannten Graumachens oder Rauhmachens beim Abspringen schadhafter Stellen⁷⁾ auftritt, gehört wohl ebenso hierher wie das Leuchten beim Zerbrehen von Rohrzucker und Weinsäurekristallen und die Lumineszenz beim Kristallisieren von Kaliumsulfat, Arsentrionoxyd u. a. Diese kalten Lichtblitze entstehen naturgemäß auch beim Aneinanderschlagen des weichen Flußspates mit dem härteren Stahl.

Fliegende „Funken“ sieht man in allen jenen Fällen sehr selten und dann stets nur äußerst kurze Zeit; das Leuchten der abspringenden Partikeln erlischt offenbar sogleich nach ihrer Loslösung, denn die Erregungsdauer ist beim Zerbrehen naturgemäß sehr kurz, und in solchen Fällen treten nach P. Lenard (1909) nur die Momentanbanden der Phosphoreszenz auf; außerdem existiert für jede tribolumineszierende Substanz nach A. Imhof (1917) eine bestimmte „Minimal Korngröße“, die beim Quarz etwa 0,1 mm beträgt, so daß feineres Pulver beim weiteren Zerstoßen nicht mehr leuchtet.

Unabhängig von der Lumineszenz tritt naturlicherweise eine gewisse Erhitzung ein. So berichtet L. Hopf (1907), daß es ihm, allerdings

nach langer Bemühung, gelungen sei, mittels zweier Flintsteine Feuer zu erzeugen, und erwähnt ähnliche Angaben von Vergil, Seneca, Plinius u. a., spricht sich aber über die Natur des feuerfangenden Stoffes nicht aus. Da jedoch gerade hierauf alles ankommt, stellte ich fest, daß man sowohl mit zwei Feuersteinen, als auch mit zwei Bergkristallen einen mit Schwefelkohlenstoff getränkten Wattebausch, auf den man die Mineralteilchen überspringen läßt, binnen einigen Sekunden zum Brennen bringen kann, nicht aber reine Watte. Die Entflammungstemperatur des Schwefelkohlenstoffs ergab sich für diese Bedingungen zu etwa 350 bis 400°, das schmelzende Zink im Gegensatz zu schmelzendem Blei die Entzündung herbeiführte und ihre Schmelzpunkte bei 419 und 327° liegen. Somit kommt der Zustand zahlreicher Quarz- und Feuersteinpartikeln nach dem Draperschen Grundgesetz der Temperaturstrahlung (1847) mindestens der dunklen Rotglut nahe, wobei nach der statistischen Thermodynamik in geringerer Anzahl auch noch heißere Teilchen auftreten müssen. Vergleicht man die Zündfähigkeit von Flint und Quarz mit derjenigen des härteren Korunds und des weichen Orthoklases und Flußspates, so erscheint sie bei den zwei erstgenannten Mineralien am größten. Offenbar steigt zwar die Erhitzung mit der Härte, die Anzahl der abspringenden Funken nimmt jedoch mit wachsender Härte ab, und zwar derart, daß die Härte $H = 7$ des Quarzes und des Feuersteins das Optimum darstellt; würde man die Geschwindigkeit des Aneinanderschlagens und somit die lebendige Kraft dadurch steigern, daß man die Manipulation durch eine maschinelle Vorrichtung ersetzt, so könnte sich jenes Optimum möglicherweise nach höheren Härten hin verschieben. Die spezifischen Wärmen der genannten Mineralarten spielen keine Rolle, da sie sich nur um etwa 15 % unterscheiden; ebensowenig fällt die Wärmeleitfähigkeit ins Gewicht, weil die Erhitzung der abspringenden Partikelchen nahezu adiabatisch erfolgt. Übrigens lumineszieren gerade die zündenden Quarzteilechen am geringsten, da nach A. Imhof (1917) die Tribolumineszenz des Quarzes bereits bei +400° merklich schwächer ist.

Aus unseren Versuchen scheint hervorzugehen, daß die Entflammung von Zunderschwämm, Pflanzenmark, zerstoßenen dünnen Blättern und ähnlichen Stoffen trotz ihrer großen Oberfläche bei Benutzung zweier Flintstücke wohl mindestens viel Zeit, Mühe und Übung erfordern dürfte; es wird vielleicht darauf ankommen, die Mineralpartikeln möglichst schnell hintereinander auf eine und dieselbe Stelle der zu entzündenden Substanz springen zu lassen. Wenn sich prähistorische Menschen mit jenen Mitteln Feuer bereitet hätten, so würde man wohl unter den Grabbeigaben zwei Flintsteine finden. Das war aber bisher nicht der Fall; dagegen wurden

⁴⁾ „Pyrogen“ heißt: aus Lava auskristallisiert.

⁵⁾ Glasig erstarrte Laven.

⁶⁾ Bis nußgroße, rundliche oder scherbenförmige, mit narbiger Oberfläche ausgestattete Gläser von dunkelgrüner Farbe, die man in den quartären böhmischen Granatsanden fand und für glasige Meteoriten hält; sie sind chemisch und physikalisch den irdischen Obsidianen sehr ähnlich.

⁷⁾ Diese Kenntnis verdanke ich einer freundlichen Auskunft der Diamantenschleiferei von J. u. S. Ginsberg in Hanau.

sowohl in der nordischen Ganggräberzeit als auch in der nordischen Bronzeperiode den Toten häufig eine *Feuersteinscherbe* und eine — inzwischen stark zersetzte — *Schwefelkiesknolle* mitgegeben⁸⁾. Mit diesem weitverbreiteten Mineral läßt sich in der Tat unschwer Feuer bereiten. Später hat der Schwefelkies, den *Dioskorides* und *Plinius* mit „*Pyrites*“, d. h. „*Feuerstein*“ bezeichneten, *zusammen mit Stahl* lange Zeit zur Feuerergewinnung gedient.

III.

Während Arsenkies nur am Stahle Funken gibt, funkt *Schwefelkies* (FeS_2) auch beim Aneinanderschlagen mit Flint sowie mit seinesgleichen. — Die Reibungswärme leitet die Verbrennung der abspringenden Schwefelkiesteilchen ein und die Oxydation erzeugt Gelbglut. Obwohl die Verbrennungswärme dieses Minerals von der gleichen Größenordnung ist wie diejenige des Eisens (10^4 bis 10^5 geal pro Gramm-Molekül), hält das Leuchten seiner Funken zum Teil viel länger an als dasjenige der Stahlpartikeln, so daß man sie oft fast bis zum Fußboden herniederschweben sieht; sie erreichen wohl größere Ausmaße als jene. Ihre gleichförmige Fallgeschwindigkeit v beträgt etwa 50 cm/sec. Der Partikeldurchmesser d läßt sich aus dem Stokesschen „Gesetz vom Fall im widerstehenden Mittel“ (1843) annähernd berechnen, indem man in der Gleichung

$$d = 6 \sqrt{\frac{\eta \cdot v}{2 \varrho \cdot g}}$$

die Dichte des Schwefelkieses gleich $\varrho = 5$, den Reibungskoeffizienten der Luft im absoluten Maße $\eta = 1,7 \times 10^{-4}$ und ebenso die Erdbeschleunigung $g = 981$ setzt. Der Durchmesser ergibt sich dann zu etwa $\frac{1}{20}$ mm. Genauer gilt die Stokessche Widerstandsformel nur für kugelförmige Körper.

Bei jener Funkenbildung des Schwefelkieses entsteht naturgemäß wie beim Rösten dieses Erzes der Geruch nach schwefliger Säure.

IV.

Beim Zusammenschlagen und Reiben zweier Feuersteine macht sich oft ein brenzlicher oder „*empyreumatischer*“ Geruch bemerkbar, der an schwach angesengtes Horn erinnert. Man erhält ihn in geringerem Maße dadurch, daß man die Ränder der beiden Scherben aneinanderschlägt als vielmehr dadurch, daß man ihre muscheligen Flächen halb stoßend, halb wetzend aneinander hinfahren läßt und diese Bewegung möglichst schnell und oft wiederholt; hierbei entsteht verhältnismäßig viel mehlartiges Pulver, während im ersteren Falle hauptsächlich größere Fragmente abspringen. Der Geruch hält nach dem Aufhören jener Manipulation nur einige Sekunden an. Man

darf ihn ebensowenig wie das Leuchten auf ein Verbrennen organischer Reste im Feuerstein zurückführen, denn reine Bergkristalle sowie pyrogener Quarz liefern den gleichen Geruch. Dieser kann auch mit der chemischen Zusammensetzung jener Mineralien (SiO_2) nicht in Verbindung stehen, denn *Adulare* und *Sanidine* sowie *Korund* riechen unter den geschilderten Bedingungen ebenfalls nach erhitztem Horn.

Stellt man durch Zerkleinern größerer Flintknollen ganz frische Bruchflächen her, so läßt sich jener Geruch nicht erzielen; er tritt aber deutlich auf, wenn man vor dem Aneinanderschlagen die beiden Scherben — etwa wie ein Stück Seife beim Waschen — zwischen den Händen gerieben hat. Horn versengt bereits unterhalb 200° , während sich die Feuersteine, wie oben gezeigt wurde, stellenweise bis über 400° erhitzen. *Also rührt der brenzliche Geruch, den man dem Flint als solchem zuschrieb, von der Versengung anhaftender Hornhautschüppchen her.* Daß gerade der Feuerstein besonders intensiv riecht, erklärt sich nicht nur aus seiner Härte, sondern zugleich aus seiner Aggregatnatur, da die Kriställchen von der gleichen Größenordnung ($1-10 \mu$) wie die Epidermisschuppen sind, und diese daher von der mikroskopisch rauhen Aggregatoberfläche in großer Zahl erfaßt werden; weichere Massen, wie z. B. dichter Alabaster, greifen natürlich schwerer an und erhitzen sich beim Aneinanderwetzen weniger, so daß der Geruch wie auch die Zündfähigkeit unmerklich schwach ausfällt.

Besprechungen.

Gumlich, Ernst, Leitfaden der magnetischen Messungen. Mit besonderer Berücksichtigung der in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt verwendeten Methoden und Apparate, nebst einer Übersicht über die magnetischen Eigenschaften ferromagnetischer Stoffe. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1918. VIII, 228 S. und 82 Abbild. Preis geh. M. 12,—, geb. M. 14,40.

Das Buch ist in vier Hauptteile unterteilt: 1. Magnetische Grundbegriffe; 2. Magnetische Meßapparate; 3. Magnetische Eigenschaften der ferromagnetischen Stoffe; 4. Magnetisierungskurven in Tabellenform.

Der erste Teil behandelt ganz kurz in elementarer Darstellung die grundlegenden Definitionen und magnetischen Gesetze.

Der zweite Teil, der über die magnetischen Meßapparate handelt, beansprucht bei weitem den größten Umfang. Die Unterteilung ist übersichtlich und klar, so daß man sich beim Nachschlagen schnell zurechtfinden kann. Alle bekannten Methoden sind beschrieben, die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angewendeten besonders ausführlich behandelt. Diese Beschränkung muß als ein besonderer Vorzug des Buches bezeichnet werden, weil es dadurch möglich geworden ist, diese Methoden ganz gründlich zu beschreiben. Die Zahlenbeispiele unterstützen das Verständnis für die Ausführung der Messungen ungemein und sind auch insofern lehrreich, als sie die Korrekturen und Fehler auch ihrer Größenordnung nach

⁸⁾ Eine Besichtigung dieser Grabbeigaben verdanke ich den Herren Direktor Dr. *Knorr* und Kustos *Rothmann* am „Schleswig-Holsteinischen Museum vaterländischer Altertümer“ in Kiel.

deutlich machen. Für denjenigen, der praktisch messen muß, sind die Winke für die Konstruktion der Apparate und die Herstellung der zu untersuchenden Proben sehr wertvoll, zumal sie von so berufener Stelle gegeben werden. Für eine Neuauflage dürfen wohl noch einige Wünsche ausgesprochen werden: Die Formelzeichen des AEF möchten durchgehend angewendet werden, z. B. R oder r für den Widerstand an Stelle von w ; ferner ν oder f für die Frequenz an Stelle von p . Seite 80 dürfte wohl noch auf die ab und zu notwendige Entmagnetisierung des Jochs durch Wechselstrom hingewiesen werden. Bei der Vorausberechnung des Kraftlinienflusses eines permanenten Magnets auf Seite 113 unten ist wohl ein Druckfehler unterlaufen, denn \mathfrak{B}' , die scheinbare Remanenz im Eisen, ist nicht gleichzusetzen mit der Kraftliniendichte im Luftspalt, die wohl \mathfrak{B}' heißen soll. Auf der gleichen Seite ist der magnetische Widerstand des Luftspalts $\mathfrak{R} = \lambda : q'$ gesetzt; ein Hinweis darauf, daß dieser Widerstand wegen der Streuung in Wirklichkeit nicht unerheblich kleiner wird, ist für die praktische Durchführung der Rechnung nötig. Auf Seite 163 ist die Gleichung des Leistungsverlustes für den Epsteinischen Apparat als Arbeitsgleichung $e.i.d.t$ angesetzt; es genügt, wenn man die Leistung $e.i$ einsetzt, wie dies sonst üblich ist (vgl. E. T. Z. 1911, S. 370, wo die Gleichungen nebst Diagrammen erstmalig veröffentlicht wurden). Zu den Methoden zur wattmetrischen Untersuchung von Eisenblechen dürfte bei einer Neuauflage die Lonkhuyzense Differentialmethode, die auf S. 105 nur kurz erwähnt wird, zuzufügen sein, da sie sich nicht unwesentlich von den absoluten Methoden unterscheidet und ihrer Einfachheit wegen in der Praxis viel angewandt wird.

Der dritte Teil gibt trotz seiner Kürze einen vollständig genügenden Überblick über die Eigenschaften der ferromagnetischen Stoffe, insbesondere der Legierungen, und stellt einen sehr erwünschten Abschluß des Buches dar. Auch dabei fehlen nicht die zum großen Teil vom Verfasser selbst gefundenen zahlenmäßigen Angaben, die das Verständnis sehr erleichtern. Allen denjenigen, die sich mit magnetischen Messungen befassen wollen, wird dadurch zum Bewußtsein gebracht, ein wie umfangreiches Gebiet sich ihnen auftut, und wieviele Probleme noch zu lösen sind. Zu diesem Abschnitt sei nur noch die eine Bemerkung gestattet, daß auf Seite 207 unten noch deutlicher zum Ausdruck kommen sollte, daß der Temperaturkoeffizient der scheinbaren Remanenz im Gegensatz zu dem des elektrischen Widerstandes gemeint ist.

Im vierten Abschnitt hat sich der Verfasser der Mühe unterzogen, eine große Reihe von Magnetisierungskurven des reinen Eisens und seiner Legierungen in Tabellenform zu geben. Dabei ist auch der Einfluß verschiedener Behandlungsweisen, z. B. des Glühens und Abschreckens, berücksichtigt worden. Daß die Tabellenform anstatt der Kurvenform gewählt ist, soll noch besonders hervorgehoben werden, weil dadurch der Wert der Daten für den praktischen Gebrauch sehr erhöht wird.

Daß der Verfasser seine vieljährigen Erfahrungen in einer so klaren Darstellung der Allgemeinheit zugänglich gemacht hat, werden ihm wohl alle Leser danken. Der Verlag hat das Seinige getan und für die äußere Ausstattung des Buchs durch guten Druck des Textes und der Zeichnungen gesorgt. Das Buch soll deshalb jedem, der sich mit magnetischen Messungen befassen will, warm empfohlen werden; aber auch derjenige, der mit der Materie vertraut ist, wird noch

manche Anregung daraus entnehmen können und es gern zur Hand nehmen, um darin nachzuschlagen.

K. Schmiedel, Berlin-Charlottenburg.

Mises, R. v., Fluglehre. Vorträge über Theorie und Berechnung der Flugzeuge in elementarer Darstellung. Berlin, Julius Springer, 1918, VI, 192 S. und 113 Abb. Preis M. 8,—.

Das Buch ist aus Vorträgen hervorgegangen, die der Verfasser teils für Offiziere, teils als publicum für Hörer aller Fakultäten gehalten hat. Es setzt daher im wesentlichen nur die Kenntnisse voraus, die man sich auf den höheren Schulen erwirbt. Im Vorwort bittet der Verfasser den Leser um Nachsicht, da er infolge zu starker anderweitiger Inanspruchnahme während des Krieges der Durcharbeitung nicht die Zeit widmen konnte, die dazu wünschenswert gewesen wäre. Wenn man jedoch das Buch liest, so muß man sagen, daß diese Nachsicht kaum erforderlich ist. Im Gegenteil, man ist angenehm überrascht durch die Klarheit, mit welcher der immerhin schwierige Stoff dargestellt ist. Dazu kommt noch die beherrschende Sachkenntnis, mit welcher der Verfasser die zahlreichen Einzelprobleme des umfangreichen Gebietes behandelt und die durchaus auf der Höhe der modernen Forschungsergebnisse steht.

Nach einem kurzen historischen Überblick über die wichtigsten Fortschritte in der Entwicklung der Flugtechnik bringt der Verfasser ein allgemeines Kapitel über Luftkräfte: Luftdruck, Luftdichte, Staudruck und ähnliche Begriffe werden erläutert und ihre Abhängigkeit von äußeren Umständen, insbesondere von der Höhe über dem Boden wird klargelegt. Weiter werden die Luftwiderstandsgesetze und die Formeln dafür besprochen sowie die Einflüsse erläutert, von denen die Beiwerte abhängen. Das zweite Kapitel handelt von der Tragfläche. Darin bringt der Verfasser die flugtechnisch wichtigsten Eigenschaften der Flügel, ihre übliche graphische Darstellung und ihre Abhängigkeit von der Profilform und vom Grundriß. Dabei hätte vielleicht der Einfluß des Verhältnisses der Flügeltiefe zur Spannweite noch etwas mehr hervorgehoben werden können, da man doch in der Regel nur „gute“ Profile verwendet, die sich meist nicht erheblich unterscheiden, so daß praktisch die Wahl der Spannweite mehr ins Gewicht fällt. Im Anschluß daran wird der Zusammenhang der Fluggeschwindigkeit und der erforderlichen Zugkraft mit den Flügelseigenschaften auseinandergesetzt. In ähnlicher Weise wie die Tragfläche sind in den beiden folgenden Kapiteln die Luftschraube und der Motor, die dabei in Frage kommenden Begriffe, die kennzeichnenden Eigenschaften und ihre Darstellung zum Gegenstand der Erörterung gemacht. Das 5. Kapitel behandelt das Zusammenwirken von Tragfläche, Propeller und Motor und die übersichtliche graphische Darstellung der dabei auftretenden Fragen. Im folgenden Kapitel wird das beim Flugzeug besonders wichtige und schwierige Gebiet der Steuerung, Stabilität und Stabilisierung behandelt und schließlich im letzten Kapitel noch das Wichtigste über den Abflug, die Landung und die Navigation der Flugzeuge gesagt.

Die Auseinandersetzungen sind durch Zahlenbeispiele erläutert, welche wesentlich zum leichteren Verständnis beitragen. Die dazu erforderlichen Grundlagen sind durch Wiedergabe von Versuchsergebnissen gewährt, welche fast durchweg dem Buche von Eiffel entnommen sind. Von der Benutzung neueren Materials mußte wohl mit Rücksicht auf die Zensur abgesehen werden, was aber im vorliegenden Falle kaum

nachteilig ins Gewicht fällt, da es sich doch nur darum handelte, die Methoden zu erläutern. Der Konstrukteur wird selbstverständlich bei seinen Berechnungen neuere und ausführlichere Versuchsergebnisse heranziehen.

Die Fluglehre von *Mises* wird von sehr vielen freudig begrüßt werden; denn die bisherige flugtechnische Literatur ist teilweise für einen verhältnismäßig sehr engen Leserkreis bestimmt und setzt zu viel Vorkenntnisse voraus; soweit sie sich aber an einen weiteren Kreis wendet, geht sie meist wieder nicht tief genug auf die grundlegenden Fragen ein. Im vorliegenden Buche hat es der Verfasser verstanden, einen glücklichen Mittelweg zu finden. Er behandelt alle einigermaßen wichtigen Aufgaben mit ausreichender Gründlichkeit, er geht auch den auftretenden Schwierigkeiten nicht aus dem Wege, sondern sucht sie dem Leser nach Möglichkeit überwinden zu helfen. Im übrigen ist aber die Darstellung so, daß man ohne erhebliche Vorkenntnisse den Ausführungen folgen kann; allerdings ist dazu, besonders für den Nichtfachmann, eine nicht unerhebliche geistige Mitarbeit erforderlich, um in das fremde Gebiet mit zahlreichen neuen Begriffen und Überlegungsformen einzudringen. Auf jeden Fall kann man allen denen, die sich vom wissenschaftlichen Standpunkte aus für das Flugwesen interessieren, das Buch als eines der besten sehr empfehlen.

A. Betz, Göttingen.

Schlick, M., Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. Zur Einführung in das Verständnis der Relativitäts- und Gravitationstheorie: 2. stark vermehrte Aufl. Berlin, Julius Springer, 1919. VI, 86 S. Preis M. 5,20.

Wer die Grundlagen der heutigen Physik verstehen will, muß mit der Relativitätstheorie vertraut sein; wer deren Prinzipien nicht beherrscht, kann sich von dem Weltbild der modernen Naturwissenschaft keine richtige Vorstellung machen. Allenthalben besteht deshalb ein starkes Bedürfnis, in jene Prinzipien eingeweiht zu werden. Wie lebhaft dieses Bedürfnis ist, zeigt der überraschend schnelle Absatz der kleinen Schrift, in der ich das Verständnis der „allgemeinen“ Relativitäts- und Gravitationstheorie solchen Lesern zu vermitteln suchte, die den Eingang zu den Originalarbeiten durch deren mathematische Schwierigkeiten versperrt fanden. Die erste Auflage, die seit einer ganzen Reihe von Monaten vergriffen war, hatte die Grundgedanken der „speziellen“ Theorie als bekannt vorausgesetzt; das Büchlein hat aber doch viele Leser gefunden, denen die Kenntnis der älteren Theorie noch mangelte. Um solcher Leser willen, die dem Gegenstande noch fern stehen, habe ich in die zweite Auflage eine einführende Schilderung der speziellen Relativitätstheorie aufgenommen. Ich hoffe, daß die Schrift dadurch nicht unwesentlich gewonnen hat; stellt sie doch nunmehr eine Einführung in den gesamten Ideenkreis der Einsteinschen Theorie dar. Dieser Kreis hat einen harmonischen Schluß und eine glänzende Krönung durch die Betrachtungen gefunden, die *Einstein* inzwischen über den Bau des Kosmos als Ganzes anstellte, und durch die er zeigte, daß der Weltraum mit größter Wahrscheinlichkeit als ein zwar unbegrenzter, aber endlicher aufzufassen sei; und es war mir eine besondere Freude, daß die zweite Auflage Gelegenheit bot, eine ausführlichere populäre Darlegung dieser ebenso schönen wie wichtigen Betrachtungen in das Büchlein einzufügen. Sein Umfang ist durch die neu hinzugekommenen

Kapitel nicht unbeträchtlich vermehrt. Nach wie vor legt die Schrift das Hauptgewicht auf die Herausarbeitung der großen Zusammenhänge, welche mir für das Verständnis der Einsteinschen Schöpfung und für ihre Einordnung in die allgemeine Weltanschauung, d. h. ihre philosophische Wertung, von entscheidender Bedeutung zu sein scheinen.

Selbstanzeige.

Auerbach, Felix, Das Wesen der Materie. Nach dem neuesten Stande unserer Kenntnisse und Auffassungen dargestellt. (Ordentliche Veröffentlichung der „Pädagogischen Literatur-Gesellschaft Neue Bahnen.“) Leipzig, Dürrsche Buchhandlung, 1918. VIII, 147 S. und 15 Fig. Preis geh. M. 3,—, geb. M. 4,—.

Der Titel dieser Schrift ist etwas irreführend; man vermutet erkenntnistheoretische Betrachtungen, und die ersten Abschnitte scheinen diese Annahme zu bestätigen; in der Hauptsache aber unterhält der Verfasser seine Leser mit solchen Tatsachen und Erscheinungen der Physik und Chemie, die geeignet sind, das „Wesen der Materie“ zu erschließen. Es ist überraschend, welche Fülle von Stoff sich auf diesen 145 kleinen Seiten zusammendrängt; von den älteren grundlegenden Erfahrungen und Gesetzen jener beiden Wissenschaften wird man zu den neueren und neuesten Forschungen geführt. „Flüssige Kristalle, Kapillarität, Kritischer Zustand, Atomistik, Kinetische Gastheorie, Osmotischer Druck, Röntgenstrahlen, Strahlungsgesetze, Quantentheorie, Molarwärmen, Periodisches System, Elektrizität in Gasen, Ionen, Kathodenstrahlen, Ladung und Masse, Spektrum, Radioaktivität, Phasenlehre“ sind einige — aber bei weitem nicht alle — Stichworte des Inhaltsverzeichnisses. Man sieht, daß hier ein Eindringen in die Tiefe nicht möglich war; aber ein „vielseitiges und anregendes Bild“ der Materie hat der Verfasser jedenfalls geschaffen. Auf Seite 114 fehlt eine im Text erwähnte Figur; Seite 129 findet man den Satz: „Auch künstliche Lichtquellen haben ihre Spektren, . . .“, sie sind nicht zusammenhängend, sie bestehen im Gegenteil aus einzelnen, hellen, farbigen Linien usw.“; es scheint, wie auch einige andere Stellen zeigen, bei der Niederschrift und der Korrektur etwas eilig hergegangen zu sein.

J. Koppel, Berlin-Pankow.

Kraus, Oskar, Franz Brentano. Mit Beiträgen von *Carl Stumpf* und *Edmund Husserl*. München, C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1919. X, 171 S. und zwei Bildnisse Brentanos. Preis geh. M. 8,—.

Das Leben und Wirken einer starken, reichen Persönlichkeit kennen zu lernen, lohnt sich immer; deshalb sei das Buch über *Franz Brentano* bestens empfohlen, denn dieser Philosoph ist als Mensch wie als Denker ein hochbedeutender und sympathischer Charakter gewesen. Dem Forscher muß er wert sein durch das rücksichtslose Wahrheitsstreben, das ihn als stärkster Trieb beherrschte, dem Naturforscher besonders durch seine 1866 aufgestellte These: „vera philosophiae methodus nulla alia nisi scientiae naturalis est“; das Inhaltliche seiner Philosophie wird der naturwissenschaftlich Denkende freilich zum großen Teil ablehnen müssen, es steht mit der Forderung jener These zu wenig im Einklang. Die Psychologie und die Logik aber verdanken *Brentano* sehr fruchtbare Anregungen, und sein Name wird in der Wissenschaft nicht vergessen werden. Das Reizvollste an dem Buch sind die Schilderungen, die *Stumpf* und *Husserl* von dem ungewöhnlichen Leben und Wesen ihres Lehrers entwerfen und welche die Hälfte des Ganzen ausmachen. Beson-

ders die Darstellung *Stumpfs*, die sich vor allem auf die früheren Jahre des Philosophen bezieht, wird man mit reinstem Genusse lesen. *M. Schlick, Rostock.*

Wiesent, J., Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie und ihre physikalischen Grundlagen. Stuttgart, F. Enke, 1919. 30 S. und 15 Abb. Preis M. 1,60.

Ein sehr unbedeutendes, flüchtig abgefaßtes Schriftchen von einem Nichtfachmann für physikalisch vorgebildete Laien. Es soll einführen in die technischen Neuerungen der drahtlosen Telegraphie. Leider sind gerade die Nebensachen eingehend behandelt. Aus einer solchen Schrift will der Laie nicht aufgeklärt werden über die historische Entwicklung der Gasentladung, sondern möchte erfahren, womit in der Technik gearbeitet wird, welche Anordnungen verwendet werden und was sie leisten. Hier hat sich der Verfasser wohl deshalb so kurz fassen müssen, weil ihm das Gebiet zu fremd ist. Sonst wären ihm wohl auch nicht solche Fehler unterlaufen wie: eine Röhrendeschaltung mit Blockierung des Anodenstromes, eine Telephonieschaltung mit einem Mikrophon an der Anode, oder gar die Rückkopplungsschaltung für Empfang. *A. Meißner, Berlin.*

Deutsche ornithologische Gesellschaft

In der Sitzung am 3. Februar gedachte Professor *Schalow* des vor 10 Jahren verstorbenen Ornithologen *Bolle*, der sich mit seiner Biographie über den wilden Kanarienvogel, den er während seiner Forschungsreisen auf den Kanarischen Inseln eingehend beobachtet hat, sowie durch seine zahlreichen Arbeiten über die Vogelwelt der Mark Brandenburg ein großes Verdienst erworben hat. In der sich anschließenden Diskussion wies Oberstleutnant *v. Lucanus* darauf hin, daß importierte Wildlinge von *Serinus canaria* L., die er längere Zeit in Gefangenschaft hielt, nur einen sehr einfachen, wenig melodischen Gesang hören ließen, der die von *Bolle* geschilderte Reichhaltigkeit der Strophen und Schönheit der Stimme völlig vermissen ließ. Es wäre daher von großem Wert, wenn weitere Erfahrungen über den Gesang des wilden Kanarienvogels gesammelt würden, um festzustellen, wie weit die Angaben *Bolles* zutreffend sind.

Professor *Schalow* sprach alsdann über die im Felde entstandenen ornithologischen Arbeiten, aus denen hervorgeht, daß die durch den Krieg hervorgerufene Veränderung des Geländes im Kampfgebiet auch einen bedeutenden Einfluß auf die Vogelfauna ausgeübt hat. Während viele Arten verschwunden sind, haben sich wieder andere dort angesiedelt. Eine Zugstraße von größerer Bedeutung führt durch die Gegend von Reims. Der Vogelzug verläuft hier im Herbst von Nordosten nach Südwesten.

Herr *Otto Bock* erwähnte, daß in diesem Jahre im Cremmer Luch der Star in großen Mengen überwintert.

Herr *v. Falz-Fein* machte die Mitteilung, daß sich unter den Schneeammern, die alle Jahre zu Tausenden als Zuggäste auf seinem Besitz *Ascania Nova* in Taurien erscheinen, im Frühjahr nur sehr selten ausgefärbte Männchen befinden.

In der Sitzung am 3. April sprach Professor *Neumann* über die Sturmvögel. Sie bestehen aus den 4 Unterfamilien: Sturmschwalben, Sturmtaucher, Sturmmalken und Albatrosse. Ihr Hauptverbreitungsgebiet ist die südlich gemäßigte Zone. Nur 2 Arten brüten in der arktischen und 6 in der antarktischen Zone. In deutschen Meeren kommen 4 Arten als

Strichvögel oder Wintergäste vor. So ist die Wilsons-Sturmschwalbe *Oceanites oceanicus* von den Falklandinseln regelmäßiger Gast in unserem Sommer (antarktischer Winter) in unseren Meeren. *Puffinus*, *Kuhli flavirostris* von den Canaren wandert im Winter bis an die Grenze der Antarktis. Andere Arten dagegen sind ausgesprochene Standvögel, die stets in der Nähe ihrer Brutplätze bleiben. Die Albatrosse und die größeren Procellarien nisten auf Klippen und freien Ebenen unbewohnter Inseln, die kleineren Sturmtaucher, alle Sturmschwalben und Sturmmalken brüten teils in Höhlen unter Steinen, Wurzeln oder in Felspalten, teils in selbst gegrabenen Erdlöchern. Die Fortpflanzung findet zu verschiedenen Jahreszeiten statt. Es nisten sogar Vögel ein- und derselben Art auf verschiedenen Inseln desselben Archipels in ganz verschiedenen Monaten. In der Regel wird nur ein Ei gelegt, während ein Gelege von 2 Eiern eine große Ausnahme bildet. Auffallend ist, daß das Dunenkleid noch lange auf dem bereits ausgebildeten Gefieder haften bleibt, so daß die Jungen noch spät nach dem Selbständigwerden mit Resten des Dunenkleides umherfliegen. Neben Crustaceen und Fischen bildet Aas, besonders Walfischaas, die bevorzugte Nahrung der Sturmvögel; sie sind die Aasreiniger des Meeres, wo sie dieselbe Rolle spielen wie der Geier auf dem Lande. Die Nistplätze liegen keineswegs immer an der Küste, sondern häufig auch im Innern des Festlandes ziemlich weit vom Meere entfernt.

Die systematische Erforschung beginnt mit *Cooks* Reisen vor 150 Jahren. Sein damaliger Begleiter, Dr. *Solander*, ein Schüler *Linnés*, verfaßte eine vorzügliche Diagnose der Sturmvögel, die jedoch leider nicht gedruckt ist. Die erste Beschreibung der Sturmvögel wurde 1844 von *Georg Forster*, der *Cook* auf seiner 2. Reise begleitete, herausgegeben.

Professor *Neumann* besprach am Schluß seines Vortrages die einzelnen Arten der Sturmvögel unter Vorlage eines reichen Balgmaterials aus der Sammlung des Berliner Museums. Sehr auffallend und eigenartig ist die Variabilität der Form „*Aestrelata neglecta*“, bei der die Färbung von Weiß über Möwengrau bis zum tiefsten Schwarz abändert. Unter 1000 Exemplaren befinden sich kaum 2 gleich gefärbte Stücke.

In der Sitzung am 7. April sprach Herr *Kracht* über die Vogelwelt an der unteren Wolga. Der Vortragende befand sich bei Ausbruch des Krieges in Odessa und geriet hier in russische Gefangenschaft. Er wurde nach Tschornj Jar, 300 km nördlich Astrachan, überführt, wo er während der langen Zeit seiner Gefangenschaft die dortige Vogelwelt eingehend studiert und beobachtet hat. Herr *Kracht* führte folgendes aus: Die Wolganiederung bei Tschornj Jar ist etwa 30 km breit und infolge der in jedem Frühjahr sich wiederholenden starken Überschwemmung ein sehr fruchtbares Land, das aus weiten Wiesenflächen mit üppiger Vegetation besteht. Der Baumwuchs ist jedoch nur spärlich und auf einzelne hohe Pappeln beschränkt, auf denen Raubvögel, besonders der Seeadler, gern horsten. Die Wolga selbst ist ca. 2 km breit und hat sehr steile, etwa 30 m hohe Ufer. An die Niederung schließt sich ein weites, unfruchtbares Steppengebiet an, das teilweise wüstenähnlichen Charakter trägt. In der näheren Umgebung der Ortschaften selbst befindet sich Garten- und Ackerland. Infolge des verschiedenartigen Charakters der Landschaft ist auch die Vogelwelt sehr vielseitig.

In der steilen Uferböschung nisten Uferschwalbe, Feldsperling, Star, Dohle, Bienenfresser, Blaurake, Turm- und Rötelfalk, Steinkauz und Rostgans. In der weiten Wolganiederung leben Kaiseradler, Seeadler, Fischadler, Adlerbussard, schwarzer Milan, Baumfalk, Waldkauz, Waldohreule, Nebelkrähe, Elster, Pirol, Beutelmehse, Blau- und Kohlmeise, Buntspecht, Schwarzstirnwürger und Kormoran, während das Steppengebiet von der Kalande-, Feld- und Haubenlerche, der kurzohrigen Lerche, Großtrappe, Zwergtrappe, dem Steppenkiebitz, Jungfernkranich, Adlerbussard, Steppenadler, Würgerfalk, der Steppenweihe, Brachschwalbe und dem isabellfarbigen Steinschmätzer, der in den Zieselöchern nistet, bewohnt wird. In der Nähe der Ortschaften leben Turttaube, Haussperling, Nonnensteinschmätzer, grauer Steinschmätzer, Bachstelze, Rauchschwalbe, Neuntöter, Schwarzstirnwürger, Sperber- und Dorngrasmücke, Dohle, Steinkauz, Star und Wiedehopf, der zu den häufigsten Vögeln der dortigen Gegend gehört. Da viele nordrussische Vögel auf dem Zuge dem Lauf der Wolga folgen, so tritt im Frühjahr und Herbst ein besonders reges Vogelleben in Erscheinung. Unter den Raubvögeln sind Schlangennadler, Schreiadler und Raufußbussard regelmäßige Wintergäste, Rosenstar, Mohren-, Alpen- und Spiegellerche, Zwergfliegenfänger sowie Gänse, Enten und Brachvögel erscheinen in großen Mengen auf dem Zuge. Ferner berühren Sprosser, Singdrossel, Grasmücken, Laubsänger, Rohrsänger, Schwirle und Ammern auf ihrem Zuge die Wolganiederung. Herr *Kracht* konnte für die Umgebung von Tschorni Jar im ganzen 140 Vogelarten feststellen, die teils dort brüten, teils nur Durchzügler oder Wintergäste sind.

Der graue und der isabellfarbige Steinschmätzer bewohnen merkwürdigerweise niemals dieselbe Örtlichkeit; ersterer hält sich ausschließlich in der Nähe der Ortschaften auf, letzterer dagegen nur in dem Steppengebiet. Die weiße Bachstelze ist häufiger Brutvogel an der unteren Wolga, die Schafstelze hingegen nur Zugvogel. Die gelbköpfige Stelze, *Motacilla citreola*, die das mittlere Rußland, Sibirien und Nordturkestan bewohnt, hat Herr *Kracht* nur einmal auf dem Zuge beobachtet. Sie schlägt also nicht wie die meisten sibirischen Vögel im Herbst eine südwestliche Zugrichtung ein, sondern wandert ausschließlich nach Süden und Südosten, um in Indien und China zu überwintern, wo sie häufig als Zugvogel vorkommt. Das von *Kracht* beobachtete Exemplar war offenbar ein verschlagener Vogel. Die Mohrenlerche zieht geschlechtsweise getrennt. Den Kolkrahen, der sonst in Rußland sehr häufig ist, konnte Herr *Kracht* nur in wenigen Stücken auf dem Zuge feststellen. Unter den Zwergfliegenfängern, die auf der Wanderung regelmäßig in großer Anzahl die untere Wolga besuchen, befanden sich stets nur sehr wenig ausgefärbte Männchen mit roter Brust, was darauf hinweist, daß das Alterskleid erst in späteren Jahren angelegt wird.

In der sich anschließenden Diskussion hob Herr *von Falz-Fein* hervor, daß außer der Wolga auch der Ural eine bevorzugte Zugstraße für sibirische Vögel ist. Oberstleutnant *v. Lucanus* bemerkte hierzu, daß der Ringversuch ergeben hat, daß die Vögel aus demselben Brutgebiet keineswegs immer dieselbe Richtung auf dem Zuge einschlagen. Es lassen sich daher nicht ohne weiteres allgemeine Grundsätze für die Wanderungen der Vögel aufstellen, sondern jede Vogelart muß in bezug auf die Zugverhältnisse besonders erforscht werden. Auch individuelle Abweichungen kommen vor. So zog z. B. von 3 bei Petersburg beringten Jung-

schneppen die eine nach England, die zweite nach der Pfalz und die dritte nach Istrien. Ebenso wählen die Rossittener Lachmöwen auf ihrer Herbstwanderung verschiedene Richtungen. Während viele Schwärme an der Küste entlang nach Westen wandern, fliegen andere südwärts nach dem Gebiet der Adria, und die Raufußbussarde aus Schwedisch-Lappland ziehen sowohl südlich durch Deutschland nach Ungarn, als auch südöstlich in das Innere Rußlands.

Am Schluß der Sitzung legte Graf *Zedlitz und Trützschler* den Balg einer Eule vor, den er aus der Sammlung des Oberstleutnants *v. Lucanus* erhalten hat. Die betreffende Eule erinnert durch den verhältnismäßig langen, keilförmigen Schwanz an die Sperbereule, gleicht aber in der Färbung dem Waldkauz. Oberstleutnant *v. Lucanus* erhielt das Stück unter einer größeren Kollektion Vogelbälgen von einem turkestanischen Händler. Es ist möglich, daß es sich um eine neue, noch nicht beschriebene Eulenart handelt.

Friedrich v. Lucanus, Berlin.

Astronomische Mitteilungen.

Statistische Untersuchungen der Sternhaufen publizierte *C. V. L. Charlier* in Lunds Medd. Serie II, Nr. 19. Eine Voruntersuchung findet sich in L. M. Nr. 56, begründet auf das Material des Dreyerkataloges. In der neuen, ausführlichen Abhandlung benutzte er für die gewöhnlichen Haufen das mehr homogene Material der von *P. J. Melotte* den Franklin-Adams-Reproduktionen entnommenen Objekte, deren photometrische Grenzgröße von *Gyllenberg* zu 15^m festgestellt wurde (L. M. Nr. 87). Es ergibt sich ungefähr dieselbe Verteilung wie bei den B-Sternen, speziell liegt ihr Zentrum von der Sonne aus gerechnet in derselben Richtung wie das der B-Sterne (im Sternbild Carina). Nimmt man also räumliche Koinzidenz beider Zentren an, so läßt sich unter der Voraussetzung, daß die Entfernung eines Haufens im Mittel seinem scheinbaren Durchmesser proportional ist, seine tatsächliche Distanz berechnen. Daraus folgt für diese Haufen beiläufig dieselbe Streuung normal zur Ebene der Milchstraße wie bei den B-Sternen, dagegen eine zweimal so große in der galaktischen Ebene. Das Material der kugelförmigen Sternhaufen entnahm *Charlier* der Zusammenstellung von *S. J. Bailey* in den Harvard-Ann. Bd. 76. Ihre Verteilung unterscheidet sich wesentlich von der der gewöhnlichen Haufen. Das Zentrum liegt ungefähr in der Milchstraße, und zwar in einer Richtung normal zur Richtung Sonne—galaktisches Zentrum. Das System der kugelförmigen Haufen scheint die Form eines verlängerten Sphäroids zu haben, dessen Rotationsachse in der galaktischen Ebene liegt. Die größere Achse (die Rotationsachse) ist zweimal so lang als die kleinere. Normal zur galaktischen Ebene ergibt sich dieselbe Streuung wie bei den B-Sternen und gewöhnlichen Haufen, in der Milchstraßenebene, in der Richtung zum Sternbild Sagittarius, reicht das System bis zu einer Entfernung von 100 Si-riometer. Die symmetrische Verteilung dieser Haufen bezüglich der Milchstraße und die ähnliche scheinbare Verteilung der planetarischen Nebel sprechen für die galaktische Natur der kugelförmigen Sternhaufen. Als mittlere absolute Größe der in ihnen enthaltenen Sterne fand *Charlier* 7,1^m, sie gehören also zu den Zwergsternen. In der großen Sternwolke des Sagittarius finden sich die kugelförmigen Haufen gerade in den hellsten Partien und werden durch eine dunkle Gasse in zwei Gruppen getrennt. Diese entspricht gerade

der galaktischen Ebene und ist wahrscheinlich ein dunkler Nebel, der die dahinter befindlichen Haufen dem Auge entzieht. Die Charliersche Arbeit enthält noch eine interessante Untersuchung über die Beziehung zwischen Spektraltypus und Farbenindex. Durch Einführung eines sogenannten Spektralindex erreicht der Verfasser die Aufstellung zweier linearer Gleichungen zwischen beiden Größen, die mit genügender Genauigkeit die Beobachtungsreihen von *King*, *Parkhurst* und *Schwarzschild* wiedergeben. Eine gewisse Unsicherheit in der Definition mancher Spektralklassen könnte durch eine empirische Definition mit Hilfe des Farbenindex behoben werden. Bei der Definition des Farbenindex als Differenz zwischen photographischer und visueller Größe eines Sterns wurde der Nullpunkt der visuellen Skala gemäß dem Harvardsystem, der der photographischen dagegen so gewählt, daß der Spektralklasse A_0 der Farbenindex 0 entspricht. Die visuellen Größen (abgesehen von der durch die Lage des Nullpunktes gegebenen Konstanten) wurden dem Potsdamer photometrischen System entnommen.

Untersuchungen über Pendeluhren wurden von *H. Kienle* in den neuen Annalen der Sternwarte zu München, Bd. V, Heft 2, veröffentlicht, eine Voruntersuchung in den Astr. Nachr. 204, 281. Zugrunde liegen die an den beiden Riefleuhren Nr. 23 und 33 in den Jahren 1914–1917 gemachten Beobachtungen. Die Temperaturkompensation von R 23 kann als vollkommen geglückt angesehen werden, ebensowenig ließ sich eine Abhängigkeit des Ganges vom Schwingungsbogen feststellen; die Leistungen dieser Uhr übertreffen bezüglich ihres Ganges alles, was bisher von andern Uhren bekannt geworden ist. Der Verlauf der Temperatur- und Luftdruckkurven im Pendelraum beider Uhren ergab einwandfrei eine mit der Zeit fortschreitende Adsorption oder Absorption von Luftpartikelchen in einem Betrage, über den der augenblickliche Stand der physikalischen Forschung keinen genügenden Aufschluß zu erteilen vermag. Die von beiden Uhren erreichte Genauigkeit scheint einer Grenze nahe zu kommen, da die auftretenden Gangschwankungen schon von der gleichen Größe wie die aus den Fehlern der Zeitbestimmungen herrührenden Unsicherheiten und die Uhren so empfindlich geworden sind, daß sich in ihrem Gang bereits verhältnismäßig schwache Erdbeben zu erkennen geben. Neben diesen speziellen, die beiden Uhren betreffenden Resultaten ließen sich aus den Untersuchungen noch einige Schlüsse allgemeinerer Natur ziehen:

1. Das Zeitglied des Ganges rührt nicht von bloßen Veränderungen im Mechanismus des Uhrwerks her, die durch Vermittlung der Amplitude den Gang beeinflussen.

2. Die herkömmliche Bezeichnung Barometerkoeffizient wäre besser zu ersetzen durch Dichtekoeffizient. Denn die Änderungen der Luftdichte beeinflussen den Gang der Uhr, nicht die des Druckes.

3. Die Anwesenheit von Wasserdampf ist bei luftdicht aufgestellten Uhren sorgfältig zu vermeiden. Denn er bewirkt Dichteänderung oder kann sich bei sinkender Temperatur am Pendel niederschlagen, wodurch ziemlich große Gangänderungen entstehen können.

4. Von einer weitgehenden Verdünnung der Luft im Pendelraum sind Vorteile nicht zu erhoffen, da der

Einfluß des noch vorhandenen Wasserdampfes dadurch nicht vermindert wird, wohl aber die Veränderlichkeit der Amplitude wegen der geringeren Dämpfung zunimmt.

5. Nur die Methode der Gangausgleichung gibt alle systematischen Einflüsse klar zu erkennen.

6. Der Dichtekoeffizient wird sich stets mit Vorteil aus den Gangänderungen ableiten lassen, Temperatur-, Schichtungs- und Schwingungsbogenkoeffizienten dagegen nur mit großer Unsicherheit.

7. Die Diskussion der Gangänderungen gestattet ein Kriterium für die Zuverlässigkeit einer Uhr abzuleiten, die sogenannte mittlere zufällige tägliche Gangschwankung, die in weitgehendem Maße zur Vergleichung verschiedener Uhren herangezogen werden kann.

Um ein Beispiel für die Genauigkeit der beiden Uhren zu geben, sei erwähnt, daß sich aus dem Temperaturkoeffizienten der Ausdehnungskoeffizient der trockenen Luft für 10°C und 560 mm Druck zu $0,003\,668 \pm 0,000\,026$ in vollkommener Übereinstimmung mit dem aus den Beobachtungen *Regnaults* abgeleiteten Werte $0,003\,661$ ergibt.

Über eine Differentialgleichung des Problems der Rotation der Himmelskörper berichtet *H. G. Block* in Lunds Medd. Nr. 89. Die Abhandlung bringt eine schöne Anwendung der Poincaréschen Theorie der periodischen Lösungen auf die vorgelegte Differentialgleichung. Der Verfasser erhält zwei Klassen solcher Lösungen und untersucht ihre Stabilitätsverhältnisse. Die Resultate lassen sich auf die Bewegung eines Pendels in einem widerstehenden Mittel unter dem Einfluß einer periodischen Störungskraft anwenden.

Unter dem Titel **Betrachtung zum δ -Cephei-Problem** veröffentlichte *P. Guthnick* in den Astr. Nachr. 208, 171 einen Aufsatz, worin er der Erklärung des eigentümlichen Lichtwechsels dieser Veränderlichen durch die Annahme näher zu kommen sucht, die Oberfläche solcher Sterne bestehe abwechselnd aus einem dunklen und hellen Gebiet; unter diesem sei eine auf-, unter jenem eine absteigende Strömung vorhanden. Vernachlässigt man das Abfließen dieser Ströme am Rande und die Zunahme der Absorption nach der Oberfläche hin und nimmt man eine symmetrische Verteilung der Radialgeschwindigkeiten dieser Strömungen bezüglich des Rotationsäquators des Sternes und eine kleine Neigung dieses Äquators gegen die Gesichtslinie an, so erhält man für den Durchschnitt sämtlicher Radialgeschwindigkeiten der sichtbaren Halbkugel eine Kurve mit einer verhältnismäßig nicht erheblich kleineren Amplitude als die Kurve der wirklichen Radialgeschwindigkeit besitzt; ferner ist sie symmetrischer als diese. Da nun die Kurve der durchschnittlichen Radialgeschwindigkeit sehr nahe der beobachteten Lichtkurve und die der wirklichen der Helligkeitskurve auf der Sternoberfläche entspricht, so lassen sich durch die gemachte Annahme keineswegs die beobachteten großen Verschiebungen der Helligkeitsextreme von denen der Radialgeschwindigkeit erklären. Die betrachteten Vorgänge sind also nicht die einzige Ursache der periodischen Linienverschiebungen, aber sie dürften eine große Rolle dabei spielen.

J. Lense.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

RECEIVED
DEC 18 1919

Heft 27. (Seite 467—486)

4. Juli 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Das Kaiserin Auguste Victoria Haus zur Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit in Deutschland. Von *Prof. Dr. Leo Langstein, Berlin*. S. 467.

Die Polhöhenchwankungen. Von *Prof. B. Wagnach, Potsdam* (Schluß). S. 472.

Besprechungen:

Millikan, Robert Andrews, The Electron, its Isolation and Measurement and the Determination of Some of its Properties. Von *R. Bär, Zürich*. S. 478.

Weiser, M., Medizinische Kinematographie. Von *W. Merté, Jena*. S. 479.

Zsigmondy, Richard, Kolloidchemie, ein Lehrbuch. Von *Alfred Coehn, Göttingen*. S. 479.

Zuschriften an die Herausgeber:

Der Flug der Insekten und der Vögel. Von *R. Demoll, München*. S. 480.

Über Wismutwasserstoff und Zinnwasserstoff. Von *Fritz Paneth, Prag*. S. 482.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Über die Verwertung der Wollaner Braunkohle. Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit. Die geographische Verteilung der regenärmsten und regenreichsten Gebiete in Deutschland. Die Bedeutung der Drehwage von Eötvös für die geologische Forschung nebst Mitteilung einiger Ergebnisse. Die Schwerkraft auf dem Mitteländischen Meere und die Hypothese von Pratt. Über die Oxydation von Teerölen durch Ozon. Tiefen-Antisepsis mit Vuzin. S. 483—485.

Astronomische Mitteilungen:

Astronomische Silberglasspiegel durch einen gasdichten Überzug vor den Einflüssen der Feuchtigkeit und der stets in der Luft von Arbeitsräumen vorhandenen Spuren von Schwefelverbindungen zu schützen. Spektrum und Helligkeit der Nova Aquilae. Veränderungen der Helligkeitsverteilung im Spektrum der Nova Aquilae. S. 485—486.

Elektrische Heizkissen

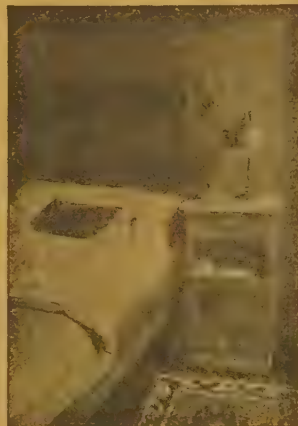
Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

—
Kein Zuheisswerden

—
Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 8050-55. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
chem. Fabrik Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Sg. Leisegang } Potsdamerstr. 138
Berlin } Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Preußische Biologische Anstalt auf Helgoland.

Die Biologische Anstalt, die während des Krieges geschlossen war, hat jetzt ihre Tätigkeit in Helgoland wieder aufgenommen.

Die großen Kriegsschäden an Gebäuden, Einrichtungen und Fahrzeugen sind noch nicht völlig behoben. Daher ist die frühere Leistungsfähigkeit der Anstalt noch nicht wieder erreicht. Die Vergebung von Arbeitsplätzen und der Versand wissenschaftlichen Materials für Universitäten, Museen und Schulen kann jedoch in beschränktem Maße schon jetzt erfolgen. Nähere Auskunft erteilt die Direktion der Biologischen Anstalt in Helgoland.

Helgoland, im Juni 1919. Der Direktor.
(162) Heincke.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Der Flug der Tiere

Von

Dr. F. Zschokke

Professor der Zoologie an der Universität Basel

Preis M. 5.—

Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenverein der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

4. Juli 1919.

Heft 27.

Das Kaiserin Auguste Victoria Haus zur Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit im Deutschen Reich.

Von Prof. Dr. Leo Langstein, Berlin,
Direktor des Kaiserin Auguste Victoria Hauses.

Das 10jährige Bestehen der Anstalt, dessen wir im vorigen Monat gedenken durften, gibt eine Berechtigung, auch den Lesern dieser Zeitschrift einen kleinen Einblick in ihre Einrichtungen, Wirksamkeit und Ziele zu verschaffen; handelt es sich doch um eine Institution, die als etwas ganz Neues, ohne Vorbild im Inland und Ausland geschaffen — um allerdings im Laufe der Jahre ein Vorbild für ähnliche Einrichtungen in den Kulturstaaten zu werden —, sich die Bearbeitung eines Problems von größter allgemeiner Bedeutung mit wissenschaftlichen Methoden zur Aufgabe gesetzt hat: die Herabminderung der Säuglingssterblichkeit. Dieses Ziel sollte die Anstalt auf folgenden Wegen zu erreichen suchen: Durch die wissenschaftliche und praktische Erforschung der auf die Pflege und Ernährung der Säuglinge wie auch die Fürsorge für die Mütter in Betracht kommenden Fragen, an der Hand entsprechender Einrichtungen, durch Materialsammlung über die Säuglingssterblichkeit, sowie über die Einrichtungen der Organisationen der Säuglingsfürsorge im Deutschen Reich und anderen Ländern, durch für die Allgemeinheit bestimmte Veröffentlichungen der Ergebnisse der eigenen wissenschaftlichen und klinischen Forschungen, sowie der Sammeltätigkeit auf dem Gebiete der Fürsorge für Säuglinge und Mütter. Endlich durch Auskunft und Rat an Behörden, öffentliche und Privatverbände sowie Einzelpersonen.

Die Einrichtungen der Anstalt mußten demnach so getroffen werden, daß das Studium der Lebensbedingungen des Säuglings und älteren Kleinkindes vom ersten Tage an in Gesundheit und Krankheit möglich wurde. Dazu war notwendig, in dem Hause sämtliche Einrichtungen der offenen und geschlossenen Säuglingsfürsorge zu vereinen und außerdem Maßnahmen zu treffen, die sie in beständige Fühlung mit der Allgemeinheit brachten. Die unmittelbar am Charlottenburger Schloßpark gelegene, ein architektonisches Kunstwerk bildende Anstalt enthält ein Entbindungsheim, ein Mütterheim, ein Säuglingsheim, ein Säuglingskrankenhaus mit den dazu gehörigen Behelfen, einem Kuhstall und einer Milchküche. Die wissenschaftliche Bearbeitung der in den einzelnen Abteilungen auf-

geworfenen Fragen ist ermöglicht durch die Beigabe ausgezeichneten Laboratorien: eines chemischen, bakteriologischen, eines physikalisch-chemischen und eines pathologisch-anatomischen, wie auch einer diagnostischen und therapeutischen Zwecken dienenden Abteilung, die mit den modernen Behelfen der Röntgendurchleuchtung und Lichttherapie ausgestattet ist. Eine reichhaltige wissenschaftliche Bibliothek ermöglicht im weitesten Maße Literaturstudien ohne Inanspruchnahme der öffentlichen Bibliotheken. Der offenen Fürsorge dient eine Säuglings- und Kleinkinderfürsorgestelle, die von der Stadt Charlottenburg dem Hause angegliedert wurde. Die wissenschaftliche Bearbeitung der Fürsorgefragen obliegt einem eigenen Amt, dem Organisationsamt für Säuglingsschutz, dem außerdem auch eine eminent praktische Tätigkeit zufällt.

In der Entbindungsabteilung des Hauses werden die Schwangeren schon wochenlang vor der Entbindung aufgenommen. Die unehelichen Mütter müssen sich verpflichten, mindestens 6 Wochen lang in der Anstalt zu bleiben und ihr Kind zu stillen, wofür sie nur ein sehr geringes Entgelt zu leisten haben. 14 Tage nach der Geburt des Kindes kommen die Mütter in das in einem besonderen Flügel des Hauses untergebrachte Mütterheim. So ist der Anstalt die Möglichkeit gegeben, Erfahrungen über die Physiologie des Neugeborenen zu sammeln, was bisher fast ausschließlich geburtshilflichen Kliniken und Geburtshelfern vorbehalten war. In dem Mütterheim kann das Studium der Physiologie und Pathologie der Laktation und des Wachstums gesunder Kinder gefördert werden. Ein Teil der Mütter verläßt nach einem Zeitraum von sechs Wochen das Haus. Da gerade in den ersten Lebenswochen die Sterblichkeit der Säuglinge am größten ist, bedingt durch Fehler der Ernährung und Pflege, ist der Aufenthalt der Mutter mit dem Kinde in der Anstalt während dieser Periode von der allergrößten Bedeutung für das Schicksal der bei uns Geborenen. Zum Stillen und zur zweckmäßigen Pflege und Ernährung ihrer Kinder von der Mütterberatungsstelle angeleitet, sind auch nach der Entlassung aus unserem Hause die Mütter in der Lage, ihre Kinder gesund zu erhalten. Unsere statistischen Feststellungen sprechen unzweideutig dafür, daß hier der Weg gegeben ist, um die Gesamtsterblichkeit in der frühesten Kindheit bedeutend herabzumindern.

Noch andere Aufgaben hat das Mütterheim mit seiner Säuglingsabteilung zu erfüllen. Müt-

ter, welche Ammendienste leisten wollen, werden nach außerhalb vermittelt. Dadurch, daß nach Entlassung der Mutter stets eine größere Anzahl bei uns geborener, also vom ersten Lebenstage an genau beobachteter Kinder in der Anstalt verbleibt, verfügt diese über ein recht beträchtliches Material künstlich genährter Säuglinge, die zum Studium künstlicher Ernährungsmethoden dienen. Diese Abteilung des Hauses dient aber auch einem anderen, praktisch außerordentlich bedeutsamen Zwecke; sie macht diejenigen Mädchen und Frauen, welche für ihren Lebensberuf die Erlernung der Kinderpflege und Kinderfürsorge benötigen, mit deren Grundprinzipien in ein- bis mehrjährigen Lehrgängen vertraut. Der Beruf der Säuglingspflegerin und Fürsorgerin erfolgt in Deutschland nach einem ganz bestimmten Lehrgang mit abschließender staatlicher Ausbildung.

Besondere Räume dienen zur Unterbringung der frühgeborenen Kinder, die zu ihrer Aufzucht minutiöser Maßnahmen der Ernährung und Pflege bedürfen. Einer der Räume ist als sogenanntes Couveusenzimmer mit konstanter Temperatur (26—30 °) und Luftfeuchtigkeit (60 %) eingerichtet. Doch ist selbst zur Aufzucht der kleinsten Frühgeburten bei zur Verfügung stehender einwandfreier Pflege und Ernährung ein Warmezimmer nicht notwendig. Es genügen für den Wärmeschutz der schwächsten und kleinsten Frühgeborenen Warmewannen, die sich in einem normal erwärmten Raume befinden und durch ständig zirkulierendes warmes Wasser auf der gewünschten Temperatur erhalten werden.

Die Abteilungen für kranke Kinder füllen den größten Teil der Anstalt. Es ist Platz für 100 kranke Kinder in vielen gesonderten Räumen vorhanden. Mit Rücksicht darauf, daß der Kleinkinderschutz eine notwendige Ergänzung des Säuglingsschutzes bilden muß, beschränkt sich die Aufnahme der kranken Kinder nicht nur auf Säuglinge, sondern erstreckt sich auch auf ältere Kinder. Bevor die kranken Kinder in den Hauptsaal aufgenommen werden, müssen sie eine Beobachtungsabteilung passieren, in der zunächst festgestellt wird, ob sie nicht irgend eine übertragbare Infektionskrankheit haben, welche sie von der Aufnahme unter anderen Kindern ausschließt. Die Einrichtung dieser Beobachtungsabteilung ist von besonderem Interesse für das Problem der geschlossenen Säuglingsfürsorge, deren Erfolge ja in erster Linie durch die von Kind zu Kind übertragenen Infektionskrankheiten beeinträchtigt werden. Die Beobachtungsabteilung besteht im wesentlichen aus einem großen Boxensaal, in dem jede Boxe einen kleinen für sich abgeschlossenen Raum bildet, der sämtliche für die isolierte Pflege des Kindes geeigneten Maßnahmen gestattet. Die Wände bestehen aus Glas, so daß eine Übersicht vom Mittelgang über sämtliche Boxen möglich ist. Alle Einrichtungen und die Dienstanweisung für die Pflege-

rinnen sind derart, daß die Übertragung einer Infektion von der einen Boxe auf die andere so gut wie ausgeschlossen ist, wie uns jahrelange Beobachtungen erwiesen haben. Durch die Einrichtung dieser besonderen Abteilung sind wir von Masern- und Diphtherieepidemien im Laufe der Jahre verschont geblieben.

Während die genannten Einrichtungen die wissenschaftliche Erforschung der Physiologie und Pathologie des Kindes auf die erwünschte breite Basis gestellt haben, war dem Organisationsamt für Säuglingsschutz die Aufgabe beschieden, die soziale Hygiene des Säuglingsalters zum Gegenstand wissenschaftlicher Forschung zu machen, außerdem aber auch in lebendige Fühlung mit der Allgemeinheit zu treten und die Ergebnisse seiner Studien unmittelbar in die Praxis umzusetzen. Besonders günstig für die Arbeit des Amtes ist die enge Verbindung mit anderen großen, dem Säuglings- und Kleinkinderschutz dienenden Organisationen, vor allem mit der Deutschen Vereinigung für Säuglingsschutz. Die Grundlage für die wissenschaftliche Arbeit des Organisationsamtes geben seine Bibliothek und sein Archiv. Im Archiv finden alle Erhebungen und statistischen Umfragen aus dem Reiche ihre Sichtung; über den Stand der Fürsorge im Reiche wird laufend in dem Publikationsorgan des Kaiserin Auguste Victoria Hauses, in der „Zeitschrift für Säuglings- und Kleinkinderschutz“ berichtet. Archiv und Literatur im Verein mit praktischen Erfahrungen bilden die Grundlage für die zahlreichen, aus allen Teilen des Reiches eingeforderten Gutachten und beratenden Auskünfte.

Eine der wichtigsten Fragen der allgemeinen Fürsorge ist die Belehrung nicht nur der Ärzte und des beruflich tätigen Personals, Hebammen, Pflegerinnen, sondern insbesondere auch die der Bevölkerung. Unter diesem Gesichtspunkte hat die Anstalt ihr größtes Augenmerk auf alle jene Maßnahmen gerichtet, welche das Wissen von der Hygiene des Kindes fördern können. Unterrichtskurse für Ärzte auf seminaristischer Grundlage, Ausbildungs- und Fortbildungskurse für das Pflegepersonal beschäftigen die Anstalt dauernd. Von der Wichtigkeit der Volksbelehrung durchdrungen, hat das Haus sich mit der allergrößten Energie dafür eingesetzt, daß der Unterricht in der Säuglingspflege im Lehrplan der Volks- und höheren Mädchenschulen Aufnahme finde. Erst wenn dieser Forderung überall entsprochen sein wird, dürfte dem Säuglingsschutz ein wirklicher Erfolg beschieden sein. Es wurde von uns überhaupt kein Mittel unversucht gelassen, dem Gedanken des Säuglingsschutzes Verständnis zu verschaffen, und dazu haben sowohl populäre Bücher, Merkblätter, besondere Anweisungen für die Volksbelehrung, aber auch zahlreiche von uns verfertigte Wanderausstellungen, schließlich aber auch die Herausgabe eines Atlases der Hygiene des Säuglings und Kleinkindes beigetragen.

Aus vorstehenden Ausführungen dürfte wohl zur Genüge hervorgegangen sein, daß es sich in unserem Hause nicht etwa nur um ein etwas größeres, mit besonderen Mitteln ausgestattetes Säuglingsheim handelt, sondern daß mit seiner Errichtung ein Zentralinstitut geschaffen ist, mit so vollendeten Behelfen, daß der beabsichtigte Zweck auch wirklich erreicht werden kann¹⁾. Es ist notwendig, dies besonders zu betonen; denn wenn auch naturgemäß die verschiedenen Abteilungen für gesunde und kranke Kinder in allererster Linie einem unmittelbaren lokalen Bedürfnisse entsprechen, d. h. wenn zur Aufnahme und zur Genesung hauptsächlich Kinder gelangen, die aus dem Weichbild Groß-Berlins und seiner näheren und weiteren Umgebung uns zugewiesen werden, so darf doch andererseits nicht vergessen werden, daß die Erfahrungen, die auf den verschiedenen Abteilungen des Hauses gemacht werden, doch schließlich der geschlossenen und offenen Fürsorge im ganzen Reiche zugute kommen. Ebenso wenig darf vergessen werden, daß die wissenschaftliche Erkenntnis, die durch das Studium der Physiologie und Pathologie des Kindes gezeitigt wird, sich schließlich zu Ergebnissen verdichtet, die — ganz abgesehen von dem ideellen Moment, das in dem Fortschritt der Wissenschaft liegt — der praktischen Fürsorge überall ganz allgemein die Grundlage geben müssen.

Es dürfte gerade die Leser dieser Zeitschrift interessieren, zum Schluß einige wenige Ausführungen zu hören, inwieweit die bei uns geleistete wissenschaftliche Arbeit praktische Fragen des Säuglingsschutzes beeinflusst hat. Aus unserem Arbeitsgebiet möchte ich mangels uns zur Verfügung stehenden Raumes nur 4 Fragen herausgreifen:

1. Ausgewählte Kapitel aus der Forschung der Neugeborenenperiode;
2. die Lebenserhaltung und Sterblichkeit der Frühgeborenen;
3. das Problem der akuten Ernährungsstörungen und
4. endlich die Leistungsfähigkeit gewisser Einrichtungen der geschlossenen Fürsorge für die Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit.

Aus dem Problem der Physiologie der Neugeborenen sei nur die Frage ihrer natürlichen Er-

nährung gestreift. Bekanntlich hat in den ersten Tagen nach der Geburt von der weiblichen Brustdrüse secernierte Milch, die Colostralmilch, besondere Eigenschaften. Selbst wer ein grundsätzlicher Gegner teleologischer Deduktionen ist, kann nicht übersehen, daß dem Colostrum, der Frühmilch, eine besondere Rolle zufallen muß. Bedauerlich war deshalb die Lücke, die unser Wissen in dieser Beziehung aufwies. Sie war für uns ein Grund, die Colostralmilch chemisch, wie auch auf ihren Brennwert genau zu untersuchen (*Langstein, Edelstein, Rott*). Wir müssen nach unseren Feststellungen zwei Arten von Colostralmilch unterscheiden: Die eine von dickflüssig zäher Beschaffenheit und gelblicher Färbung, die andere dünn und wässrig mit nur leicht gelben Farbentönen. Die erhaltenen Brennwerte schwankten zwischen 500—1500 Kalorien pro Liter (die Dauermilch hat bekanntlich einen Brennwert von 6—700 Kalorien), und zwar sind die Werte um so höher, je jünger, dickflüssiger und zäher die Colostralmilch ist. Erst am 6. bis 7. Tage wurde der Brennwert der Dauermilch erreicht. Der Brennwert des Colostrums kann also doppelt so groß sein wie der der Frauenmilch. Auch ist das Frauenmilchcolostrum reicher an Gesamtasche, Phosphorsäure und Natrium. Stoffwechselversuche haben nun ergeben, daß dem Colostrum tatsächlich eine besondere Aufgabe bei der Ernährung der Neugeborenen zufällt. Bei der Ernährung mit Colostralmilch ist das neugeborene Kind in der Lage, trotz der geringen Menge der zugeführten Nahrung die für seinen Bestand und sein Wachstum notwendige Stickstoffmenge zurückzuhalten, im Gegensatz zur Ernährung mit reifer Frauenmilch (*Birk*). So zeigt die wissenschaftliche Forschung, daß die natürliche Ernährung des Neugeborenen an der Brust der Mutter unersetzbar ist. Die Colostralerkennung stellt eine außerordentlich konzentrierte Ernährung dar, die durch die geringe Menge der Nahrung kompensiert wird. Für das Problem der künstlichen Ernährung ist das von besonderer Bedeutung; denn wenn es uns selbst einmal gelingen sollte, eine künstliche Nährmischung herzustellen, welche in ihrer chemischen Zusammensetzung der Frauenmilch ähnlich ist — gerade für die wichtigste, weil bedrohteste Periode des Lebens des Kindes —, käme uns eine derartige Erfindung nicht zugute. Für die Fürsorge ergibt sich daraus die Notwendigkeit, unter allen Umständen wenigstens in der ersten Lebenszeit die Ernährung des Neugeborenen durch die Mutter durchzusetzen.

Eine andere praktisch bedeutsame Tatsache im Leben des Neugeborenen ist die in den ersten Tagen bei einer großen Reihe von ihnen auftretende Gelbsucht. Durch die Gelbsucht können die Kinder schlafsuchtig und schwer ernährbar werden, ja schließlich können die Kinder — offenbar auf dem Wege einer Giftwirkung — zugrunde gehen. Ungezählte Theorien haben sich mit der

¹⁾ Wer eingehender die Einrichtungen des Hauses und seine Organisation studieren will, kann es jeden Freitag nachmittag 4 Uhr 15 besichtigen. Vom Büro der Anstalt wird eine orientierende Broschüre, „Das Kaiserin Auguste Victoria Haus“, ferner die Jahresberichte, wie auch Merkblätter und sonstige Drucksachen abgegeben. Diesbezügliche Anfragen sind zu richten an das „Kaiserin Auguste Victoria Haus, Charlottenburg, Frankstraße“. Zu gleicher Zeit verweisen wir auf die Festschrift des Hauses (Verlag Julius Springer, Berlin W 9), welche Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Kindesalters enthält, wie auch auf die zusammenfassenden Übersichten in der eben erschienenen Nummer „Zeitschrift für Säuglingsschutz“ (Verlag Georg Stilke, Berlin NW.).

Erforschung dieses Phänomens beschäftigt. Untersuchungen unserer Anstalt, um die sich ihr Oberarzt Dr. Ylppö besondere Verdienste erworben hat, haben die Bedeutung des Phänomens aufgeklärt, und zwar mit Hilfe quantitativer Untersuchungen des Gallenfarbstoff-Stoffwechsels in der Neugeborenenperiode. Mit Hilfe einer besonders ausgearbeiteten spektro-photometrischen Methode hat Ylppö festgestellt, daß Gallenfarbstoff bereits im Blute des Foetus in vermehrten Mengen vorkommt. Die Leber läßt beim Foetus einen merkbaren Teil vom gebildeten Gallenfarbstoff infolge besonderer Sekretionsverhältnisse ins Blut übergehen. Dieser Zustand dauert beim Neugeborenen noch einige Zeit nach der Geburt an. Die Entstehung der icterischen Verfärbung ist darauf zurückzuführen, daß die Gallenfarbstoffsekretion sich physiologischerweise nach der Geburt steigert, weil die Leber noch einen Teil von Gallenfarbstoff ins Blut übergehen läßt, kommt es in diesem, jetzt auch absolut genommen, zu einer Anreicherung, und die Möglichkeit für die Entstehung der Gelbfärbung der Haut ist gegeben, sobald ein bestimmter Gallenfarbstoffgehalt im Blute vorhanden ist. Dieser Gallenfarbstoffgehalt im Blute wird nun bei der Mehrzahl der Neugeborenen, bis 80 %, erreicht. Bei weiteren 20 % bleibt der Gallenfarbstoffgehalt des Blutes unter dieser Grenze. Deshalb entsteht bei einem Teil der Kinder nur ein Bluticterus, kein Hauticterus. Diese Theorie erklärt es auch, daß gerade frühgeborene Kinder einen außerordentlich intensiven Icterus bekommen, denn sie befinden sich auch noch nach der Geburt im Foetalzustand. Diese wissenschaftlich bedeutsame Feststellung, deren Richtigkeit andere Untersucher bestätigt haben, ist aber auch für das praktische Problem der geschlossenen Fürsorge insofern von Bedeutung, als bisher angenommen wurde, daß gehäuftes Vorkommen von Icterus auf eine Häufung von Infektionen zurückzuführen ist. Man glaubte bisher in der Zahl der aufgetretenen Icterusfälle einen Indikator für die Asepsis in einer Neugeborenenabteilung zu besitzen. Daß dieser Schluß falsch ist und die Hygiene in einer Neugeborenenabteilung durch das Auftreten des Icterus neonatorum in keiner Weise beeinflußt werden muß, liegt nach den Untersuchungen klar zu Tage.

Von grundlegender Bedeutung dürften unsere Erfahrungen sein, die wir beim Studium unseres außerordentlich großen Frühgeburtenmaterials (ungefähr 700 Frühgeborene) gemacht haben. Bei ihnen ist die natürliche Ernährung eine Lebensnotwendigkeit. Keine einzige künstliche Nahrungsmischung kann bei ihnen, namentlich bei den stark untergewichtigen, mehr als Augenblickserfolge erzielen. Dabei ist die Technik der natürlichen Ernährung zunächst oft eine recht schwierige. Die Sonderernährung mit abgespritzter Frauenmilch kann oft nicht umgangen werden. Aber trotz aller minutiösen Einrichtungen und Maßnahmen der Ernährung und Pflege lassen

sich keineswegs alle frühgeborenen Kinder großziehen. Ihre Sterblichkeit ist eine große. Sie betrug bei uns 53,5 %. Sie ist um so größer, je kleiner die Frühgeburt ist. Von Frühgeburten, die mit einem Geburtsgewicht unter 1000 g zur Welt kommen, können nur sehr wenige am Leben erhalten werden. Über 70 % von diesen sterben bereits in den ersten Tagen. Nach unseren Erfahrungen besteht nur bei solchen Kindern eine Chance auf Erhaltung des Lebens, die nach einer intrauterinen Entwicklung von mindestens 28 Wochen ein Gewicht von mindestens 1000 g, eine Körperlänge von 34 cm, einen Brustumfang von 22,5 bis 23 cm und einen Kopfumfang von 26,5 bis 27 cm erreicht haben (*Reiche*). Die interessanten Ergebnisse, die unsere Stoffwechselversuche bei Frühgeborenen gezeitigt haben, möchte ich hier übergehen und nur noch auf die allgemein interessierenden Gesetzmäßigkeiten eingehen, welche durch Sektionsbefunde an 175 Fällen erhoben wurden. Es hat sich herausgestellt, daß die Geburt für eine große Anzahl frühgeborener Kinder ein schweres Trauma ist (Ylppö). Je kleiner das Kind, um so verhängnisvoller sind die Folgen dieses Traumas. Hieraus folgt, daß die hohe Sterblichkeit der Frühgeborenen eigentlich nur durch Vermeidung aller jener Faktoren herabgemindert werden konnte, die zu einer vorzeitigen Geburt führen. Die Folgen der traumatischen Schädigung durch die Geburt äußern sich in erster Linie in mehr oder minder ausgedehnten Blutungen in den verschiedensten Organen. Besonders bedeutungsvoll sind Gehirn- und Rückenmarksblutungen, die bei den kleinsten Frühgeburten außerordentlich häufig sind. Bei Kindern mit einem Geburtsgewicht unter 1000 g findet man sie sogar in 90 % der Fälle. Ohne Zweifel müssen die bei Frühgeborenen im späteren Lebensalter so häufig vorkommenden Lähmungszustände und Intelligenzstörungen auf mit diesen Blutungen im Zusammenhang stehende Prozesse im Gehirn und Rückenmark zurückgeführt werden. Unsere Untersuchungen zeigen, daß die Ursachen der großen Sterblichkeit der Frühgeborenen in den ersten Lebenstagen durch die Bezeichnung „Lebensschwäche“ nicht sachgemäß bezeichnet ist, sondern daß der Tod auch bei den Frühgeborenen gewöhnlich durch pathologisch-anatomisch feststellbare Veränderungen zustande kommt, wenn diese durch die Eigenart der frühgeborenen Kinder in ihren Reaktionen auch keineswegs immer aus dem klinischen Verhalten festgestellt werden können.

In der Pathologie des Säuglingsalters haben bekanntlich die *akuten Ernährungsstörungen* die größte Bedeutung. Der sommerliche Anstieg der Säuglingssterblichkeit ist zurückzuführen auf den Anstieg der Brechdurchfälle in der heißen Zeit. Für die Pathogenese dieser wurde bisher der Ernährung mit verdorbener zersetzter Milch eine ausschlaggebende Rolle zugeschrieben. Man

glaubte, daß die sich durch bakterielle Zersetzung von Fett und Zucker bildenden Säuren die Darm-schleimhaut reizen und zum Durchfall führen. Unser Oberarzt *Bahrdt* hat in Verbindung mit dem Vorsteher des chemischen Laboratoriums Dr. *Edelstein* und anderen Mitarbeitern versucht, das Problem der Entstehung der Brechdurchfälle durch zersetzte Milch auf quantitativer Grundlage zu lösen. Durch Ausarbeitung einer besonderen Methode der sogenannten Vakuumdestillationsmethode, durch die sie in die Lage versetzt wurden, nicht nur den Gesamtgehalt an flüchtigen Fettsäuren, sondern auch den Gehalt an jeder einzelnen Fettsäure zu bestimmen, ist es ihnen gelungen, in das Wesen der Frage einzudringen. Bei diesen mühevollen Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß es nicht richtig ist, als Ursache der Durchfälle eine Schädigung durch in zersetzter verdorbener Nahrung sich bildende Fettsäuren anzunehmen. Eine Rolle in der Pathogenese der Brechdurchfälle spielen lediglich *die sich im Darm durch abnorme Zersetzung der Nahrung infolge bakterieller Einwirkung bildenden Säuren*. Mit dieser Feststellung, die den Eintritt akuter Störungen durch zersetzte Milch erst in zweite Linie rückt, ist auch eine praktisch bedeutsame Tatsache gegeben, denn es läßt sich auf Grund des Ergebnisses dieser Untersuchungen nicht weiter rechtfertigen, daß dauernd Höchstforderungen an die Milchgewinnung für die Säuglingsernährung aus dem Grunde erhoben werden, weil auf diese Weise die Durchfälle der Kinder vermieden werden können. Das ist nicht der Fall. In dieser Beziehung angewandte Kosten führen zu einer Verschwendung von Nationalvermögen und werden die akuten Verdauungsstörungen ebenso wenig verschwinden lassen, wie die Einführung des Soxleth-Verfahrens.

Ich möchte zum Schluß nur noch kurz erwähnen, welche Erfahrungen wir im abgelaufenen Dezennium mit der Leistungsfähigkeit der Einrichtungen der geschlossenen Fürsorge gemacht haben. Dabei muß ich absehen von den Erfolgen, die in der Heilung kranker Säuglinge erzielt wurden, denn hier sind wir nicht berechtigt, aus unserer günstigen Zahl verallgemeinernde Schlüsse zu ziehen oder bestimmte Forderungen zu stellen, weil das Material in den verschiedenen Säuglingskrankenhäusern in den verschiedenen Teilen des Deutschen Reiches ein zu wechselndes ist; aber wir sind berechtigt, auf Grund der Leistungen in unserer Entbindungsabteilung, unseres Mütterheims in bezug auf die Stillfähigkeit der Frauen, wie auch in bezug auf die Beeinflussung der Mortalitätszahlen im ganzen ersten Lebensjahre durch die Ernährung und Pflege, die die bei uns geborenen Kinder in den ersten Wochen ihres Lebens genossen haben, bestimmte Anschauungen und Vorschläge zu propagieren. Wir können auf Grund unserer Erfahrungen sagen, daß Erkrankungen der Neugeborenen bei ausgetragenen Kindern einigermaßen normaler Mütter unter günstigen Pflegebedingungen und

bei vorwiegend natürlicher Ernährung zu den Seltenheiten gehören, Todesfälle so gut wie gar nicht vorkommen. Wir sind zur Feststellung der Tatsache berechtigt, daß an den zahlreichen Todesfällen der Kinder in der Neugeborenenperiode vermeidbare Fehler der Ernährung und Pflege, nicht etwa angeborene Widerstandslosigkeit und Lebensschwäche Schuld tragen. Die peinliche Asepsis und die natürliche Ernährung ist eine durchgreifende Prophylaxe schwerer Erkrankungen in der Neugeborenenperiode.

Auf Grund von ungefähr 2000 Beobachtungen können wir ferner sagen, daß von 100 Frauen ungefähr 15 % als stillunfähig bzw. stillschwach zu bezeichnen sind. Mütter, die nicht wenigstens in den ersten Tagen bzw. in der ersten Woche zum mindest einen Teil des Nahrungsbedarfes ihrer Kinder decken können, gibt es nicht. Erst in den späteren Wochen des Lebens werden die Verhältnisse schwieriger. Wir dürfen uns allerdings leider niemals in dem Glauben wiegen, daß wir draußen in der Praxis auch tatsächlich zu einer derartigen hohen Stillziffer gelangen werden. Nehme ich selbst ideale Verhältnisse an, die jeder einzelnen Frau gestatten würden, in den ersten Monaten nach der Geburt ihres Kindes nur diesem und seiner Ernährung zu leben, ohne weitere außerhäusliche Erwerbstätigkeit, dann gehört zur Erreichung einer derartigen hohen Stillziffer doch immerhin eine besonders gute Anleitung, eine Stärkung des Stillwillens und Hebung der Stillfreudigkeit, wie wir sie allgemein niemals erwarten dürfen. Die Stillziffern außerhalb des Mütterheims werden also immer beträchtlich unter der Zahl von 85 % bleiben. Wesentlich aber war unsere Feststellung, daß die Sterblichkeit der bei uns Geborenen in den ersten Wochen bei uns gestillten Kinder, deren Mütter in der Ernährung und Pflege richtig angeleitet waren, im ganzen ersten Lebensjahre außerordentlich niedrig geblieben ist, daß Zahlen zustande kamen, die sich den idealen Zahlen von einer Sterblichkeit von 6 und 7 % nähern. Diese Feststellung zeigt uns die Wege, auf denen der Säuglingsschutz in Zukunft seine Erfolge wird erreichen können: weitgehender Mutterschutz, Durchführung aller Maßnahmen, welche ein Zusammenbleiben von Mutter und Kind möglich machen, zum mindest in den ersten Lebensmonaten und Aufsicht der Kinder durch die offene Fürsorge, welche die Mutter weiterhin zweckmäßig berät.

Diese Ausschnitte aus unserer Arbeit, die ich Raummangels wegen leider nicht mehr vermehren kann, werden wohl auch dem unserer Arbeit Fernstehenden ein Bild davon geben, wie wir unsere wissenschaftliche Forschung aufgefaßt wissen wollen, wie sie die praktische Fürsorgearbeit beeinflußt und welche Wege wir auch weiterhin zu gehen gewillt sind, um einen Teil der Arbeit für das wichtige Problem zu leisten, den lebend Geborenen die besten Lebensmöglichkeiten zu geben.

Die Polhöhenschwankungen.

Von Prof. B. Wanach, Potsdam.

(Schluß.)

Weit beträchtlicher können dagegen die Saalrefraktionen werden, Störungen, die ihren Sitz innerhalb des Beobachtungsgebäudes haben. Die Wirkung eines schroffen Unterschiedes zwischen Innen- und Außentemperatur ist schon 1868 von *H. G. van de Sande Bakhuysen*¹⁸⁾ behandelt worden; trifft ein Lichtstrahl unter dem Einfallswinkel i auf die Trennungsfläche zweier Luftmassen, deren Temperaturunterschied ΔT ist, so wird er um den Betrag $\Delta i = 0,2'' \Delta T \cdot \text{tg} i$ abgelenkt. Diese Wirkung kann in älteren Beobachtungssälen mit ihrem trägen Temperaturnausgleich und schmalen Spaltöffnung sehr bedeutend werden und erreicht selbst in modernen Beobachtungshäuschen mit breiter Spaltöffnung und guter Ventilation durch doppelte Wellblechwände unter ungünstigen Umständen Beträge von einigen Zehntelsekunden¹⁹⁾. Andererseits können auch starke Schichtenneigungen im Beobachtungsraum auftreten; so hat *J. Bauschinger*²⁰⁾ 1895 im Münchener Meridiansaal eine Neigung der Isothermenschichten von fast 20° gefunden, die sich im Laufe zweier Jahre ziemlich konstant erhielt und eine Neigung der Schichten gleichen Brechungsvermögens von 14° zur Folge hatte, deren störende Wirkung aber wegen der geringen Höhe des Saales keinen großen Betrag erreichen kann.

Die Beobachtungshäuschen für den Internationalen Breitendienst sind mit Rücksicht auf solche Störungen so niedrig wie möglich gebaut und zum Beobachten wird das Dach ganz beiseite geschoben, so daß sich das Objektiv des Zenitteleskops fast ganz in freier Luft befindet. Da aber eine vollkommene Symmetrie der Bodenbeschaffenheit in der Umgebung des Häuschens auch bei sorgfältigster Auswahl des Aufstellungsorts nicht zu erreichen ist, darf man auch hier merkliche Schichtenneigungen in der freien Atmosphäre über dem Instrument nicht für ausgeschlossen halten. Schon der Umstand, daß auf der Nordhalbkugel an klaren Tagen der Boden nördlich vom Gebäude beschattet, südlich dagegen einer durch Reflex von der Südwand verstärkten Bestrahlung durch die Sonne ausgesetzt ist, muß ein Aufsteigen der über das Instrument hinstreichenden Isothermenschichten nach Süden hin bewirken; nimmt zugleich die Temperatur mit der Höhe ab, so senken sich die Schichten gleichen Brechungsvermögens nach Süden und verursachen eine südliche Zenitrefraktion, die im Laufe der Nacht durch Ausstrahlung wieder abnehmen muß. Dadurch würde die Polhöhe im Laufe der Nacht scheinbar kleiner werden und es

müßte, wenn man sie dennoch als konstant betrachtet, bei Anwendung der Kettenmethode ein positiver Schlußfehler zutage treten. Das trifft freilich für die Stationen des Internationalen Breitendienstes nur zeitweilig zu; im Durchschnitt überwiegen die negativen Schlußfehler, und nur eine später zu besprechende Erscheinung spricht für die Wirksamkeit des geschilderten Vorganges in den Sommermonaten.

Photographische Polhöhenmessungen am Cookson Floating Zenith-Telescope in Greenwich zeigen nach *Eddington*²¹⁾ eine deutliche Abhängigkeit von der Windrichtung; und auch er hält die Erklärung dieser Erscheinung durch Refraktionsstörungen infolge des durch die Windrichtung beeinflussten horizontalen Temperaturgefälles für außerordentlich wahrscheinlich.

Die Erklärung der Schlußfehler durch Refraktionsanomalien scheint *Schumann* selbst jedenfalls nicht mehr für zutreffend zu halten, denn in seinen wiederholten Angriffen gegen die Verwendung der Kettenmethode²²⁾ ist er nie auf seinen oben genannten Artikel von 1896 zurückgekommen und hebt immer wieder hervor, daß noch keine „schlüssige“ Erklärung für die Schlußfehler gegeben worden sei²³⁾; dagegen sind namentlich *E. Przybyllok*²⁴⁾ und der Verfasser dieses Aufsatzes²⁵⁾ davon überzeugt, daß veränderliche Refraktionsstörungen eine ausreichende Erklärung nicht nur für den Schlußfehler darbieten, sondern auch noch für eine andere Erscheinung, die gleich im Beginn des Internationalen Breitendienstes hervortrat und länger als ein Jahrzehnt hindurch eine geradezu beunruhigende Rolle in der Astronomie gespielt hat.

Gleich nach der Veröffentlichung der ersten Resultate des Breitendienstes durch *Albrecht*²⁶⁾ fiel es dem Leiter der Station Mizusawa, *H. Kimura*, auf, daß sich eine wesentlich bessere Darstellung der Polhöhenbeobachtungen aller Stationen erzielen läßt, wenn man außer der Bewegung des Poles noch eine periodische Schwankung der Lotlinien annimmt, die auf allen Stationen gleichartig verläuft²⁷⁾, und zwar so, als ob die Lotlinie von ihrer mittleren Lage im Sommer bis zu $0,05''$ nach Süden, im Winter ebensoweit nach Norden ausschlägt. Um zu entscheiden, ob diese Erscheinung in anderen Breiten, namentlich auch auf der Südhalbkugel, ebenso oder vielleicht entgegengesetzt verläuft, wurden von der Internationalen Erdmessung zwei Stationen in $31^\circ 35'$ südl. Breite mit fast genau 180° Längendifferenz

²¹⁾ Monthly Notices, Vol. L XXIII, 1913.

²²⁾ „Numerische Untersuchungen über Polhöhen-schwankung und Aberrationskonstante“, Kiel 1906; „Über Gezeitenerscheinungen in den Schwankungen der Stationspolhöhen“, Wien 1913 usw.

²³⁾ Vergl. auch das Referat in dieser Zeitschrift 1918, S. 759.

²⁴⁾ Astron. Nachr. Nr. 4811 und 4840—41.

²⁵⁾ Astron. Nachr. Nr. 4812 und „Resultate“ Bd. V.

²⁶⁾ Astron. Nachr. Nr. 3734.

²⁷⁾ Astron. Nachr. Nr. 3783.

¹⁸⁾ Astron. Nachr. Nr. 1720.

¹⁹⁾ *F. R. Helmert*, „Die Zimmerrefraktion“ in „Die Polhöhe von Potsdam“, I. Heft, Berlin 1898.

²⁰⁾ Neue Annalen der Sternwarte in München Bd. III, S. 67.

schied (Bayswater bei Perth in Australien und Oncativo bei Cordoba in Argentinien) ausgerüstet, die in den Jahren 1906—1908, ähnlich wie die 6 Nordstationen, ein gemeinsames Sternprogramm durchbeobachteten. Es ergab sich ein in Amplitude und Phase übereinstimmendes Verhalten des Kimuraphänomens, das sich nach dem ganzen Beobachtungsmaterial der ersten 8 Jahre des Internationalen Breitendienstes²⁸⁾ rein formell erklären ließ durch eine geradlinige Sinusschwingung des Schwerpunktes der Erde längs der Polarachse, wobei er seine nördlichste Lage

wirklich um eine für alle Stationen identische Erscheinung handelt. Auch alle Versuche, dieses Kimuraglied der Breitenschwankungen (in den Arbeiten des Zentralbureaus und infolgedessen auch späterhin von anderen Autoren mit z bezeichnet, während Kimura selbst dafür ursprünglich die Bezeichnung ξ gewählt hatte) auf astronomischem Wege zu erklären, z. B. durch bei der Reduktion der Beobachtungen vernachlässigte kleine Nutationsglieder²⁹⁾, tägliche Polhöhenchwankung³⁰⁾, Parallaxen der beobachteten Sterne³¹⁾, kosmische Refraktion³²⁾, führten zu

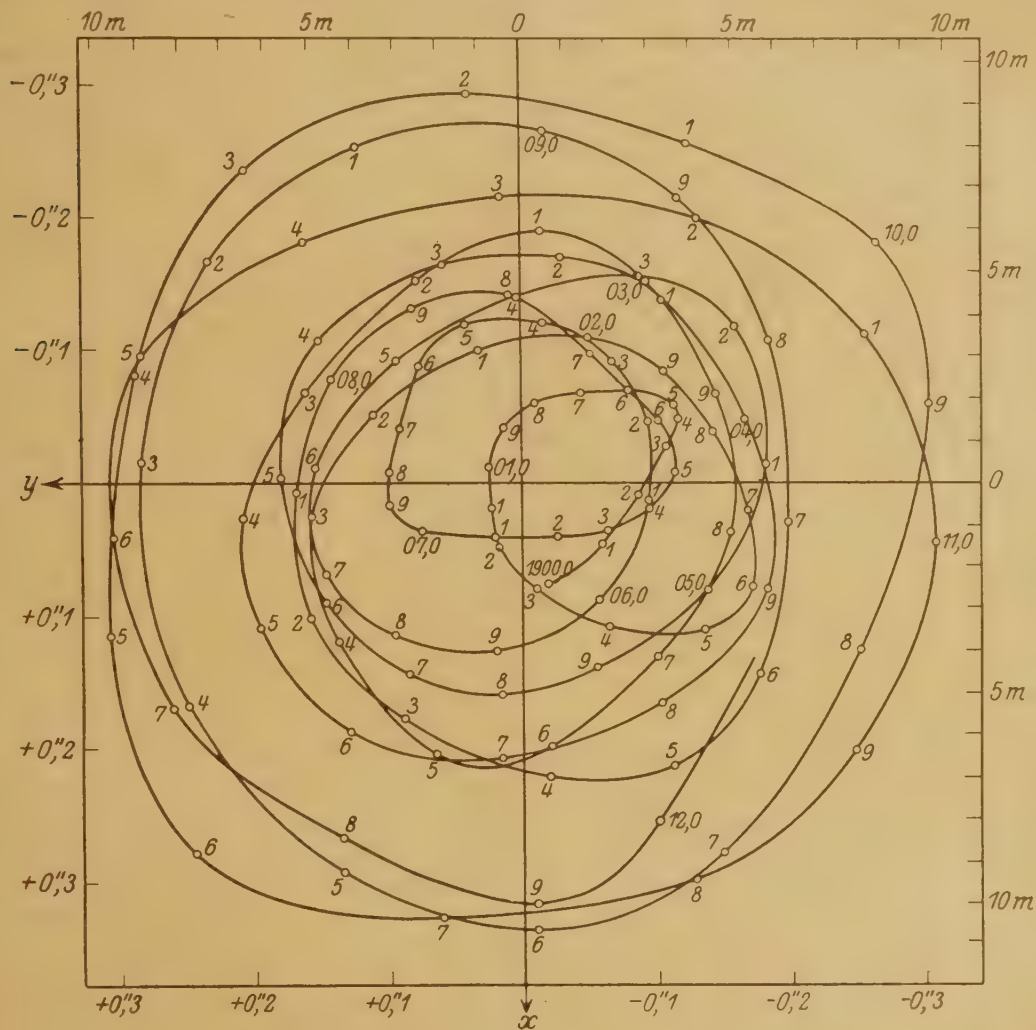


Fig. 4. Bahn des Nordpols von 1900 bis 1912.

am 10. Juni, seine südlichste am 10. Dezember erreicht; ein derartiger Vorgang wäre aber quantitativ ganz unvereinbar mit unseren sonstigen geophysikalischen Erfahrungen, und wenn auch im Mittel aus den 6 Stationen und 8 Jahren eine überraschend reine Sinusschwingung herauskam, so zeigten doch die einzelnen Stationen in den einzelnen Jahren so starke systematische Abweichungen, daß man zweifeln mußte, ob es sich

keinem befriedigenden Resultat³³⁾. Erst als sich die Erkenntnis Bahn gebrochen hatte, daß Refraktionsanomalien eine größere Rolle spielen als man bisher angenommen hatte, erübrigte es sich, nach anderweitigen Ursachen des z -Gliedes zu suchen, und besonders der Umstand, daß sein

²⁸⁾ F. E. Roß, Astron. Nachr. Nr. 4587.

²⁹⁾ De Sitter, Astron. Nachr. Nr. 3981.

³¹⁾ Chandler, Astron. Journal Nr. 530.

³²⁾ L. Courvoisier, Astron. Nachr. Nr. 3990—91.

³³⁾ B. Wanach, Astron. Nachr. Nr. 4812.

²⁸⁾ Th. Albrecht, Astron. Nachr. Nr. 4253.

Verlauf in den letzten Jahren wesentlich unregelmäßiger geworden ist, spricht stark zugunsten seiner Erklärung durch meteorologische Ursachen.

Wie schon oben erwähnt, war die Kettenmethode bei der Reduktion der internationalen Breitenbeobachtungen beibehalten worden, obwohl sie durch die Gemeinsamkeit des Sternprogramms entbehrlich geworden war. Beobachtet man auf allen Stationen dasselbe Sternpaar, so erhält man ja, ohne die Deklination selbst zu kennen, unmittelbar die Polhöhenunterschiede der Stationen; da jedes beliebige Sternpaar hierzu dienen kann, ist es also gar nicht nötig, auch nur die Deklinationsunterschiede der verschiedenen benutzten Paare zu kennen. Hat man aber zu zwei verschiedenen Zeiten die Polhöhenunterschiede der Stationen bestimmt, so läßt sich (wenn mindestens 2 Stationen vorliegen, deren Längenunterschied von 0° und 180° verschieden ist) aus ihnen die Polverschiebung finden, die also ganz unabhängig von der Annahme über die Deklinationen der beobachteten Sterne bleibt.

Nach diesem, von *Helmert* schon 1896 in Aussicht genommenen Verfahren, dessen Prinzip bereits in den Vorschlägen *Fergolas* vom Jahre 1883³⁴⁾ enthalten ist, habe ich eine Neubearbeitung der internationalen Breitenbeobachtungen der ersten 12 Jahre durchgeführt³⁵⁾ und dadurch die in Fig. 4 wiedergegebene Polbahn erhalten; sie weicht von der aus der Kettenmethode hervorgegangenen nur wenig ab (im Mittel um $\pm 0,011''$), zeichnet sich aber vor ihr durch das Fehlen von Inversionspunkten und überhaupt glatteren Verlauf vorteilhaft aus. Eigentlich hätte man das Gegenteil erwarten müssen, denn bei Benutzung der Kettenmethode und Ableitung der einzelnen Werte des z -Gliedes wurden aus den 121×6 Beobachtungsgrößen 363 Unbekannte, bei der Neubearbeitung aber nur 254 (12 Deklinationskorrekturen und je 121 Werte der Polkoordinaten x und y) abgeleitet; der glattere Verlauf der neuen Kurve spricht daher sehr zu ihren Gunsten und berechtigt zu der Annahme, daß sie freier von systematischen Fehlern ist als die alte.

Ein z -Glied tritt bei dieser Art der Reduktion natürlich nicht auf; statt seiner erhält man Korrekturen für die ursprünglich angenommenen Deklinationen der benutzten Sterne. Diese weichen beträchtlich von den durch die Kettenmethode erhaltenen ab, aber auch das von der Kettenmethode gelieferte Deklinationssystem ergibt sich aus den Beobachtungen von 1900—1906 wesentlich anders als 1906—1912; betrachtet man das ohne Kettenmethode abgeleitete System als richtig, so ergeben sich folgende Korrekturen der aus den beiden 6-jährigen Reihen durch die

Kettenmethode erhaltenen mittleren Deklinationen der 12 Gruppen:

Gruppe	$\Delta \delta_{1903}$	$\Delta \delta_{1909}$	Differenz
I	— 0,031''	— 0,031''	0,000''
II	— 0,045''	— 0,019''	— 0,026''
III	— 0,020''	— 0,010''	— 0,010''
IV	— 0,010''	+ 0,013''	— 0,023''
V	— 0,005''	+ 0,020''	— 0,025''
VI	+ 0,008''	+ 0,006''	+ 0,002''
VII	+ 0,014''	+ 0,008''	+ 0,006''
VIII	+ 0,047''	+ 0,004''	+ 0,043''
IX	+ 0,035''	+ 0,024''	+ 0,011''
X	+ 0,034''	+ 0,003''	+ 0,031''
XI	+ 0,001''	— 0,003''	+ 0,004''
XII	— 0,026''	— 0,013''	— 0,013''

Die Darstellung der Beobachtungen durch diese Deklinationen und die in Fig. 4 wiedergegebene Polbewegung ergibt stark systematisch verlaufende übrigbleibende Fehler der Gruppennittel, d. h. der Mittelwerte aller innerhalb ungefähr eines Monats erhaltenen Beobachtungen einer Sterngruppe. Auf der klimatisch günstigsten Station Carloforte erreichen diese Fehler nie, in Mizusawa nur einmal den Betrag von $0,1''$; in Ukiah und Gaithersburg wird dieser Betrag selten, in Cincinnati etwas häufiger überschritten, in Tschardjuj aber gehen die Fehler zeitweilig sogar etwas über $0,25''$ hinaus. Nun ist aber gerade in Tschardjuj das Beobachtungshäuschen sehr wesentlich ungünstiger gestaltet als auf allen anderen Stationen: die Ventilation der doppelten Holzwände ist so mangelhaft, daß der Unterschied zwischen Außen- und Innentemperatur nicht selten 2° , zuweilen sogar 3° überschreitet; das Dach enthält nur einen 1 m breiten Spalt und ragt reichlich 1 m über das Objektiv hinaus. Hier sind daher mit Sicherheit sehr merkliche Saalrefraktionen zu erwarten, und diese äußern sich offenbar in den auffallend großen übrigbleibenden Fehlern. Auch in Cincinnati sind die Verhältnisse nicht ganz so günstig wie auf den übrigen Stationen; zwar werden die beiden Dachhälften fast vollkommen beiseite geschoben, aber das Objektiv ragt nicht so weit wie auf den anderen Stationen über die Seitenwände hinaus, so daß hierdurch die etwas größeren Fehler dieser Station erklärt werden können. Wenn auf den übrigen Stationen überhaupt eigentliche Saalrefraktionen auftreten, so können sie jedenfalls nur ganz geringfügig sein. Daß aber auch hier Refraktionsanomalien wirksam sein müssen, geht aus folgender merkwürdigen Erscheinung hervor: Hält man die beiden Gruppen, die jeden Abend beobachtet werden, getrennt, bildet die Differenz zwischen beiden, die eine etwa 2-stündige scheinbare Polhöhenänderung darstellt, und mittelt diese Differenz über alle 12 Jahre, so tritt in den Monatsmitteln eine

³⁴⁾ Verhandlungen der . . . siebenten allg. Konferenz d. Europ. Gradmessung. Berlin 1884, S. 105—106.

³⁵⁾ Resultate des Internat. Breitendienstes Bd. V, S. 189 ff.

deutliche Jahresperiode zutage, deren Phase auf allen 6 Stationen überraschend gut übereinstimmt; das Maximum fällt in Tschardjui auf den 9. Februar, in Ukiah auf den 13. März, auf den übrigen Stationen zwischen diese Daten. Die Amplitude aber ist bei weitem am größten in Tschardjui (0,033''); dann folgt Gaithersburg (0,019''), Cincinnati (0,014''), Carloforte (0,013''), Mizusawa (0,012'') und Ukiah (0,010''). Am kleinsten ist also die Amplitude auf den drei am nächsten der Küste gelegenen Stationen. Das deutet eindringlich auf eine meteorologische Ursache dieser Erscheinung hin, denn auch die Amplitude der jährlichen und täglichen Temperaturschwankung ist ja am größten an kontinentalen, am kleinsten an Küstenorten. Während im Winter eine scheinbare abendliche Zunahme der Polhöhe vorherrscht, tritt im Sommer vorwiegend eine Abnahme auf, entsprechend der vorhin angestellten Überlegung über die Wirkung der Bodenbestrahlung durch die Sonne. Es scheint mir daher ganz zweifellos, daß Refraktionsstörungen mindestens die Hauptursache der übrigbleibenden Fehler und damit auch der Schlußfehler und des z -Gliedes bilden, denn diese kann man auch erhalten, wenn man die Kettenmethode unmittelbar auf die übrigbleibenden Fehler anwendet. Freilich darf nicht verschwiegen werden, daß durch Annahme eines anderen, passenden Deklinationssystems jene abendlichen 2-stündigen Polhöhenänderungen fast ganz (mit Ausnahme von Tschardjui) zum Verschwinden gebracht werden können, worauf ich schon in Band V hingewiesen habe, und daß neuerdings *Courvoisier*³⁶⁾ eine solche Änderung des Deklinationssystems befürwortet. Das würde auf die Annahme hinauslaufen, daß die abendlichen Änderungen nur in Tschardjui im Laufe des Jahres ausgesprochen periodisch veränderlich, auf den übrigen Stationen aber merklich konstant sind, und zugleich würde damit wieder ein z -Glied auftreten, das als Jahresperiode der Zenitrefraktion zu deuten wäre. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Erklärungsversuchen besteht also darin, daß im ersten Falle nur eine im Laufe des Jahres veränderliche Tagesperiode der Refraktionsstörung angenommen, die mittlere Zenitrefraktion während der Beobachtungsstunden aber als konstant während des Jahres vorausgesetzt wird, während im zweiten Falle nur für Tschardjui eine im Laufe des Jahres veränderliche, für alle anderen Stationen dagegen eine im Laufe des Jahres konstante, aber von Station zu Station verschieden große tägliche Schwankung angenommen wird, zu der noch eine im Laufe des Jahres periodisch veränderliche, für alle Stationen gleiche, und daher nur das Deklinationssystem verfälschende Zenitrefraktion hinzutritt. In beiden Fällen handelt es sich aber nur um einen verhältnismäßig kleinen Bruchteil der Störung, deren Hauptbetrag einen ziemlich regel-

losen Verlauf zeigt, ähnlich wie z. B. der regelmäßige tägliche und jährliche Gang des Luftdrucks im allgemeinen so stark hinter den unperiodischen Schwankungen zurücktritt, daß sie erst in ausgedehnten Mittelbildungen deutlich hervortreten. Man wird wohl annehmen müssen, daß auch in den Refraktionsstörungen eine tägliche und jährliche Periode steckt; eine Trennung beider darf aber erst erwartet werden, wenn ein sehr viel umfangreicheres Beobachtungsmaterial zur Verfügung stünde, das sich nicht nur auf die 4 Abendstunden des Breitendienstes, sondern auf die ganze Nacht und womöglich auch noch die Tagesstunden erstreckt. Einige Versuche sind in dieser Richtung bereits gemacht worden: in Mizusawa wurden 1903—1904 allnächtlich 4 oder, wenn die Dämmerung das verhinderte, 3 Gruppen beobachtet³⁷⁾; ein positives Resultat für eine regelmäßige Tagesschwankung ergab sich nicht. Ferner wird in Pulkowa seit 1904 außer Horrebow-Paaren noch der helle Zenitstern δ Cassiop. das ganze Jahr hindurch, also auch am Tage, beobachtet; diese Reihe hat bisher auch nur das Ergebnis gezeitigt, daß die regelmäßige tägliche Schwankung der scheinbaren Lotrichtung klein ist, während weitergehende Schlüsse dadurch sehr unsicher werden, daß die Parallaxe von δ Cassiop. nicht genau genug bekannt ist, und vor allen Dingen durch die von *Courvoisier*³⁸⁾ vermutete Veränderlichkeit der Eigenbewegung dieses Sterns. In Babelsberg von *Courvoisier* begonnene Beobachtungen einerseits des Zenitsterns β Draconis, und andererseits der Polarissima, die mit Südsternen zu Horrebow-Paaren verbunden wird, konnten bisher wegen anderweitiger Beanspruchung des Instruments und Beobachters noch nicht in genügendem Umfange durchgeführt werden, um schon positive Ergebnisse zu liefern.

Im Schlußkapitel des V. Bandes der „Resultate . . .“ habe ich auf Grund der Newcombschen Theorie aus der Polbahn Fig. 4 die Bahn des Trägheitspols abgeleitet. Sie ist, getrennt für die einzelnen Jahre, in demselben Maßstabe wie Fig. 4, in Fig. 5 wiedergegeben; die durch kleine Kreise gekennzeichneten Orte des „ungestörten“ Trägheitspols entsprechen den ungeraden Zwanzigsteln des Jahres, also 1900,05 1900,15 . . . 1900,95, 1901,05; weiter 1900,95, 1901,05 . . . 1902,05 usw., jedesmal mit Wiederholung der beiden den Jahresanfang einschließenden Punkte. Obwohl die Unsicherheit der Bestimmung dieser Orte ziemlich groß ist (der mittlere Fehler eines Orts ist in Fig. 4 mindestens $\pm 0,012''$, in Fig. 5 $\pm 0,034'' = \pm 6,8$ mm) und der wahre Verlauf der Bahn daher nicht unbeträchtlich von Fig. 5 abweichen mag, so wird man es doch als Tatsache ansehen dürfen, daß 1. die Bahn von Jahr zu Jahr sehr verschieden verläuft, 2. die Ausschläge 1904 und 1906 besonders klein, 1909 und 1910 ganz ungewöhnlich groß gewesen sind, und daß die Bahn

³⁷⁾ H. Kimura, Astron. Nachr. Nr. 4041.³⁸⁾ Astron. Nachr. Nr. 4891.³⁶⁾ Astron. Nachr. Nr. 4945.

3. im Gegensatz zu der des Rotationspols (und auch des wahren Trägheitspols, vergl. S. 000) fast durchweg nach rechts gekrümmt ist. Die 12-jährigen Mittelwerte der zu den einzelnen Jahresbruchteilen gehörigen Örter (Fig. 6) und auch die Bahn der jährlichen Mittellage des Trägheitspols (Fig. 7) zeigen ebenfalls diesen Krümmungssinn;

mechanisches Unding ist, daß sie überhaupt nur von Nichtmathematikern ernst genommen werden konnte; da sie in Geologenkreisen dennoch einige Beachtung gefunden hat, ist es bedauerlich, daß die Astronomen und Geophysiker es gar nicht der Mühe wert erachtet haben, weitere Kreise über diesen Dilettantismus aufzuklären. Säkuläre Pol-

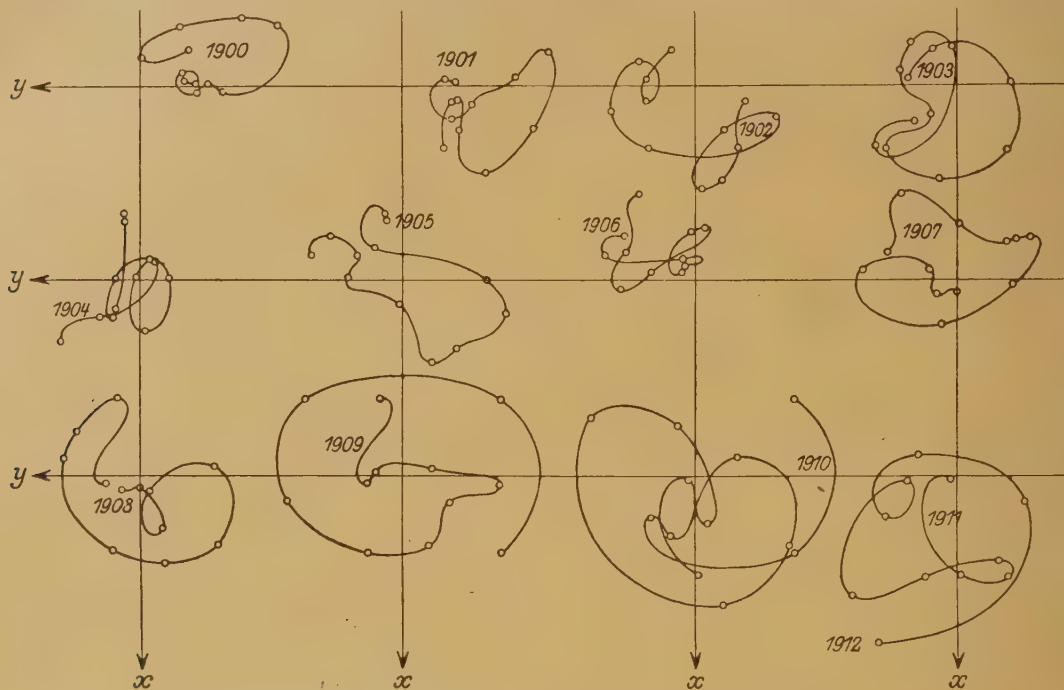


Fig. 5. Bahn des „ungestörten“ Trägheitspols von 1900 bis 1912.

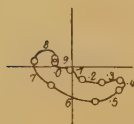


Fig. 6. Mittlere jährliche Bahn des „ungestörten“ Trägheitspols.

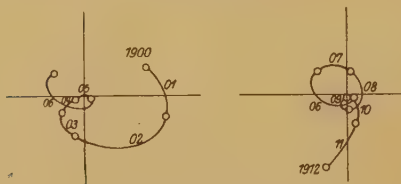


Fig. 7. Bahn der jährlichen Mittellage des „ungestörten“ Trägheitspols von 1900 bis 1912.

aus Fig. 7 geht auch die bemerkenswerte Tatsache hervor, daß eine säkuläre Polverschiebung noch nicht deutlich hervortritt, und wenn sie doch vorhanden sein sollte, jedenfalls kleiner sein muß als 0,3'' (oder 10 m auf der Erdoberfläche) im Jahrhundert.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß die Reibisch-Simrothsche „Pendulationstheorie“³⁹⁾ ein derartiges

bewegungen sind gewiß möglich, können aber nie und nimmer in der Form einer „Pendulation“ auftreten; ein Stoß von außerhalb (Sturz eines Mondes auf die Erde), wie ihn Reibisch als Veranlassung dieser pendelnden Polschwankung annimmt, könnte nur eine *Kreisbewegung* der Pole verursachen, aber die Kreisbahn würde in 14 Monaten und nicht in Perioden durchlaufen werden, die dem Wechsel der Eiszeiten entsprechen. Um eine derartige Verlängerung der Chandlerschen Periode zu erhalten, müßte ein verschwindend kleiner Wert für den Starrheitskoeffizienten der Erde angenommen werden; dann aber würde die Erde elastischen Deformationen auch keinen merklichen Widerstand entgegensetzen können, da ihre Elastizitätsgrenze schon durch minimale Kräfte weit überschritten würde, und eine *periodische* Polbewegung käme überhaupt nicht zur Ausbildung.

Für die Dauer der Chandlerschen Periode fand ich in Band V der „Resultate . . .“ 432,8 Tage und habe, von diesem Wert ausgehend, aus dem Polhöhenmaterial die Amplitude 0,167'' und den Phasenwinkel 64° für 1900,0 abgeleitet; meine dort verfochtene Ansicht, daß auch diese beiden Größen Konstanten seien, ebenso wie die Periodendauer, kann nicht aufrecht erhalten werden. Sie sind zwar Integrationskonstanten, deren Wert

³⁹⁾ Vergl. die Besprechung in dieser Zeitschrift 1914, S. 949.

aber nur dann unveränderlich bleiben könnte, wenn sich alle Massentransporte, die eine Verlagerung der Trägheitsachsen verursachen, durch eine Fouriersche Reihe mit einer *endlichen* Anzahl von Gliedern erschöpfend genau für ewige Zeiten darstellen ließen. Diese Voraussetzung aber entspricht nicht der Wirklichkeit, sondern Amplitude und Phasenwinkel der Chandlerschen Bewegung müssen als merklich veränderlich betrachtet werden und die oben angeführten Werte dürfen nur als Mittelwerte für die Zeit von 1890 bis 1915 gelten; namentlich die Amplitude ist um 1908 herum mehr als doppelt so groß gewesen wie um

daß der Phasenwinkel konstant sei. Vorläufig darf jedenfalls nicht mehr behauptet werden, als daß die Periodendauer etwa zwischen 431 und 434 Tagen liegt, und für eine genauere Bestimmung müßte erst ein neuer Weg gefunden werden, der das Resultat von Änderungen des Phasenwinkels unabhängig macht. Eine Trennung der „freien“ von der „erzwungenen“ Schwingung der Pole im Sinne von *Klein* und *Sommerfeld*⁴¹⁾, wie ich sie in Band V unter der irrigen Voraussetzung der Konstanz von Amplitude und Phase durchgeführt hatte, verliert durch deren Veränderlichkeit ihre praktische Bedeutung und wird nie richtig aus-

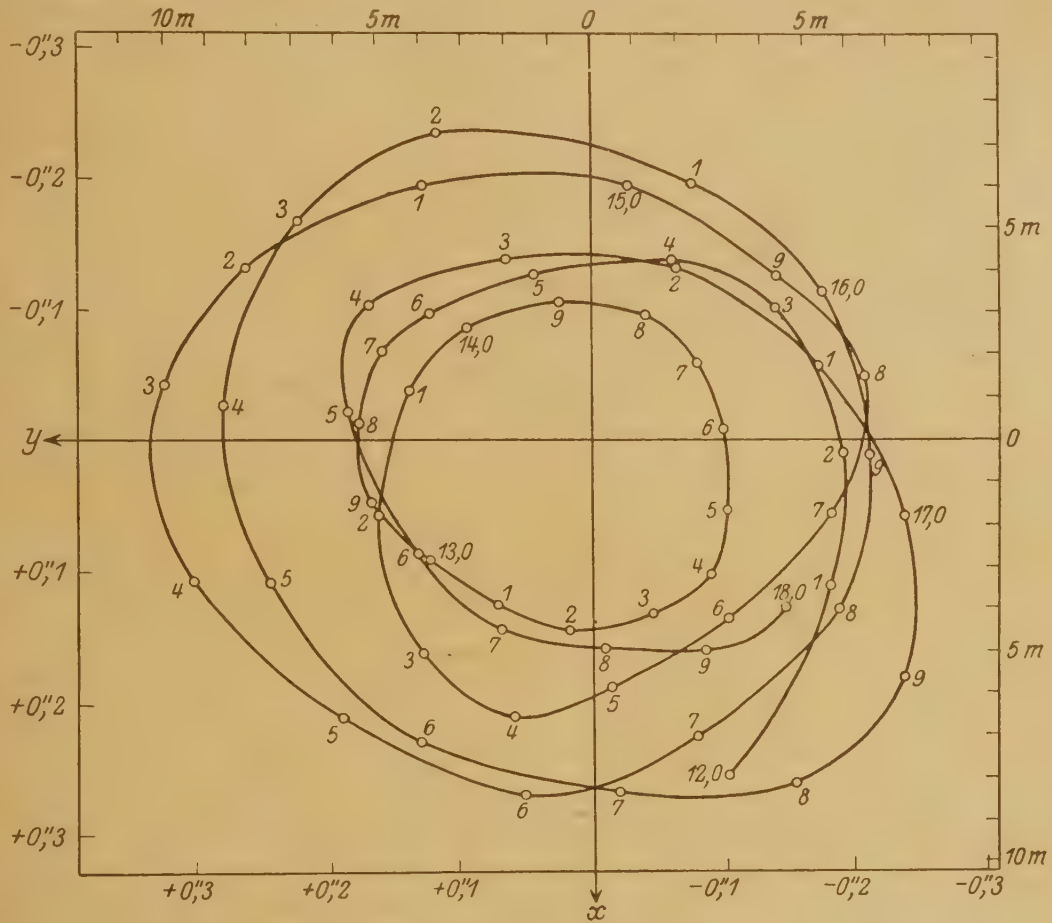


Fig. 8. Bahn des Nordpols von 1912 bis 1918.

1905. Übrigens hat schon *Newcomb* die Veränderlichkeit dieser „Konstanten“ richtig erkannt, wie aus seiner Polemik gegen *Chandler*⁴⁰⁾ hervorgeht, worin er nur die Konstanz der Periodendauer vertritt, für die Amplitude und den Phasenwinkel aber eine zwischen 1840 und 1860 eingetretene Veränderung als sichergestellt betrachtet.

Damit tritt eine bisher übersehene Schwierigkeit ein für die Bestimmung der Dauer der Chandlerschen Periode aus den Beobachtungen, wozu man bei allen bisher ausgeführten Rechnungen von der stillschweigenden Voraussetzung ausging,

geführt werden können, da es nicht möglich ist, die Erde so dicht mit meteorologischen Stationen zu besetzen, daß alle in Betracht kommenden Massenverlagerungen genau genug bestimmt werden könnten.

Die internationalen Breitenbeobachtungen seit 1912 sind zurzeit noch nicht in endgültiger Form bearbeitet; eine vorläufige Reduktion⁴²⁾ hat die in Fig. 8 wiedergegebene Polbahn ergeben, die in den wesentlichen Zügen nicht bedeutend von dem

⁴¹⁾ Theorie des Kreisels, S. 706 ff.

⁴²⁾ B. Wanach, Astron. Nachr. Nr. 4969.

⁴⁰⁾ Astronomical Journal Nr. 271.

Resultat einer definitiven Bearbeitung abweichen wird.

Ein erfreuliches Zeichen dafür, daß der wissenschaftliche Idealismus durch die leider ja auch in Gelehrtenkreise eingedrungene Kriegspsychose nicht völlig ausgerottet ist, liefert das Weiterbestehen des Internationalen Breitendienstes auch nach Ausbruch des Weltkrieges. Das Zentralbureau in Potsdam erhielt durch Vermittelung des in Holland heimischen Ständigen Sekretärs der Internationalen Erdmessung die Beobachtungsbücher aus Rußland bis Ende 1914, aus Amerika und Italien bis zum Frühjahr 1918, und aus Japan ununterbrochen bis zum heutigen Tage zur Bearbeitung zugestellt. Leider aber scheint die Station Tschardjui, auf der im Jahre 1915 sicher noch beobachtet worden ist, in der russischen Revolution zugrunde gegangen zu sein, und besonders bedauerlich ist es, daß die Station Gaithersburg aus Sparsamkeitsrücksichten im Januar 1915 aufgelöst wurde, und daß ein Jahr später auch die Sternwarte in Cincinnati ihre Mitwirkung einstellte, so daß zurzeit nur noch auf 3 Stationen weiter beobachtet wird. Eine künftige Wiederaufnahme der Arbeit auf allen 6 Stationen ist besonders wegen der Frage der säkulären Polschwankung dringend wünschenswert.

Besprechungen.

Millikan, Robert Andrews, The Electron, Its Isolation and Measurement and the Determination of Some of Its Properties. Chicago, The University of Chicago Press, 1917. 268 p. Preis \$ 1,50.

Das Buch erscheint als achttes der „University of Chicago Science Series“, in deren Bänden die vollständigen Resultate einer vorher nur in wissenschaftlichen Journalen zerstreut erschienenen Reihe von Untersuchungen über Probleme von allgemeinem Interesse möglichst kurz und — im Gegensatz zu den groß angelegten Lehrbüchern — mit einem Minimum von technischen Details dargestellt werden sollen. Der vorliegende Band ist auch für deutsche Leser von Interesse; denn einerseits wird in ihm das Problem des Elektrons von einem Physiker behandelt, der sich um die experimentelle Erforschung dieses Gebietes die größten Verdienste erworben hat, andererseits macht die plastische und trotz Verzicht auf mathematische Hilfsmittel — einiges ist im Anhang nachgetragen — niemals schwerfällige Art der Darstellung das Buch für weitere Kreise zu einer lehrreichen Lektüre.

Im ersten Kapitel läßt der Verfasser die verschiedenen Theorien über das Wesen der Materie und Elektrizität in ihrer historischen Reihenfolge Revue passieren, mit Einschluß der neuesten, der Elektronentheorie, die um die Jahrhundertwende sich durchzusetzen begann. Die beiden folgenden Kapitel behandeln die Elektrizitätsleitung in Gasen und die ersten Versuche zur Bestimmung der Ladung des Elektrons.

Hier wird zuerst gezeigt, wie sowohl in Flüssigkeiten wie in Gasen sich nie die Ladung e des einzelnen Ions, sondern nur $n \cdot e$ (n = Avogadro'sche Zahl) messen ließ. Wollte man hieraus e bestimmen, so müßte man sich auf rohe Schätzungen für n stützen. Dann wird hervorgehoben, wie durch die Entdeckung

der Röntgenstrahlen die Ionisation selbst einatomiger Gase ermöglicht wurde, was den Physiker zwang, die Vorstellung von der Unteilbarkeit der Atome aufzugeben. Ausführlicher besprochen (und im Anhang genau beschrieben) wird die e -Bestimmung von *Townsend*, der zum ersten Mal die Größe elektrisch geladener Wassertropfchen nach dem Stokes'schen Gesetz aus der Fallgeschwindigkeit einer ganzen Wolke solcher Tropfchen berechnete. Hierauf werden die Versuche von *J. J. Thomson* und *H. A. Wilson* auseinandergesetzt, und schließlich kommt der Verfasser auf seine, aus dem Jahre 1909 stammenden, eigenen ersten Messungen der Ladung des Elektrons durch Beobachtung von Fall- und Steigzeiten einzelner Tropfchen zu sprechen. An dieser Stelle hätte vielleicht auch *F. Ehrenhaft* erwähnt werden dürfen, der ungefähr gleichzeitig mit *Millikan* dieselben Versuche anstellte.

In Kapitel IV und V beschreibt der Verfasser nun aufs ausführlichste seine eigenen berühmten Präzisionsmessungen von e aus Beobachtungen an Öltröpfchen. Wer diese Kapitel und die beiliegenden Tabellen und Kurven genauer durchsieht, muß mit *Millikan* zur Überzeugung kommen, daß das Elektron kein statistischer Mittelwert ist, sondern daß vielmehr alle Ionenladungen entweder genau denselben Wert haben oder aber kleine Vielfache dieses Wertes darstellen; überdies tut der Leser einen Blick in die Werkstatt des Physikers und wird gewahr, mit welchen Schwierigkeiten derselbe zu kämpfen hat, wenn er einwandfreie Resultate erhalten will. Im nächsten Kapitel behandelt *Millikan* die Versuche von *C. T. R. Wilson* und seine eigenen über Gasionisation, im darauffolgenden die Brownsche Bewegung in Gasen, unter besonderer Berücksichtigung der Versuche von *H. Fletcher*. Äußerst interessant ist das Kapitel: „Die Existenz eines Subelektrons?“, in dem *Millikan* sich mit seinem Widersacher *Ehrenhaft*, der bekanntlich die beliebige Unterteilbarkeit der Elektrizität vertritt und die Elektronenladung nur als statistischen Mittelwert gelten lassen will, auseinandersetzt. Hier findet der Leser in gedrängter Form alle Einwände zusammengestellt, die man gegen die bis 1915 veröffentlichten Versuche *Ehrenhafts* und *Konstantinowskys* ins Feld führen kann. Seitdem haben *Ehrenhaft* und seine Schüler freilich neue Versuche an noch kleineren Partikeln angestellt, mit denen man sich auch noch wird befassen müssen.

Die beiden letzten Kapitel behandeln die allerneueste Entwicklung der Physik: den Aufbau des Atoms und die Natur der strahlenden Energie. Hier findet man die Moseley'sche Entdeckung der Ordnungszahlen der Elemente und das Bohrsche Atommodell besprochen; es wird gezeigt, wie die klassische Elektrodynamik nicht ausreicht, um die Vorgänge bei der Strahlung, beim lichtelektrischen Effekt usw. zu erklären; schließlich wird die Einsteinsche Quantentheorie der Strahlung erwähnt. In diesem Zusammenhang beschreibt der Verfasser auch seine Versuche, die die Einsteinsche Gleichung für den lichtelektrischen Effekt so glänzend bestätigten.

Zum Schluß sei noch auf die dem Bande beigefügten schönen Photographien der Bahnen von α - und β -Partikeln (Versuch von *C. T. R. Wilson*), der charakteristischen Röntgenspektren (Aufnahmen von *Siegbahn*) u. a. hingewiesen.

Vielleicht entschließt sich der Verfasser, in einer Neuauflage auch die nicht in seinem eigenen, dem Ryerson-Laboratorium, angestellten einschlägigen Arbeiten noch etwas ausführlicher zu berücksichtigen.

und in seiner klaren, leicht verständlichen Darstellungsweise einem größeren Leserkreis zugänglich zu machen.
R. Bär, Zürich.

Weiser, M., Medizinische Kinematographie. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopf, 1919. VI, 154 S. und 24 Abbildungen. Preis M. 5,—.

Der Verfasser verfolgt, wie er im Vorwort sagt, mit seinem Buch eine doppelte Absicht: einmal will er in die kinematographische Technik, soweit es die Bedürfnisse des Mediziners erfordern, einführen und dann sammeln, was aus dem Gebiet der medizinischen Kinematographie überall zerstreut veröffentlicht worden ist. Diese zweifache Aufgabe ist im allgemeinen als gut gelöst zu betrachten.

Die ersten Abschnitte des Buches, die der Reihe nach folgende Überschriften tragen: „Geschichtlicher Überblick, Normalkinematographie, Aufnahmetechnik, Filmverarbeitung, Mikro-Kinematographie, Röntgen-Kinematographie, Hochfrequenz-Kinematographie, Funken-Kinematographie“, wenden sich nicht nur an das medizinische Interesse des Lesers, sondern behandeln allgemeinere Fragen der Kinteknik, ohne allerdings den Zusammenhang mit der medizinischen Kinematographie im besonderen aus dem Auge zu lassen. Wohl im Hinblick auf den Leserkreis, dem das Buch dienen soll, sind diese Kapitel sehr leicht verständlich und breit geschrieben, freilich sind sie auch nicht von kleinen Ungenauigkeiten frei. So wird auf Seite 7 die „Wunderscheibe“¹⁾ zur Erläuterung der physiologischen und psychologischen Vorgänge beim Zustandekommen der kinematographischen Täuschung benutzt. Diese auch unter dem Namen „Thaumatrope“ bekannte Vorrichtung ist zu dem vorliegenden Erklärungszweck nicht glücklich gewählt, da hierbei das Prinzip der Identifikationstäuschung, die die wichtigste Vorbedingung für die kinematographische Synthese ist, gerade nicht wirksam wird. Auf Seite 44 ist ein Zitat über eine Abhandlung von T. C. Porter, anscheinend aus einer Arbeit²⁾ von H. Lehmann, ohne Einblick in den Originalaufsatz, übernommen, so daß das Lehmann unterlaufene Versehen, daß nämlich die Titelabkürzung M. A. als Anfangsbuchstaben des Vornamens benutzt wird, nicht verbessert ist. Ähnliche Unrichtigkeiten finden sich auch an anderen Stellen des Buches. Im übrigen ist aber dieser erste Teil für den Neuling in der kinematographischen Technik nicht ohne Wert.

Die weiteren Abschnitte beschäftigen sich ausschließlich mit Fragen der Medizin. Die Reichhaltigkeit des dabei Gebotenen ist lobend anzuerkennen und, soweit der Referent unterrichtet ist, wohl bisher an keiner anderen Stelle erreicht. Es ist mit großem Fleiß alles zusammengetragen, was einmal über die allgemeine medizinische Kinematographie (wir zählen hier die Überschriften der Unterabschnitte auf: Medizinisch-historische Filme, Der Film im klinischen Unterricht, Ärztliche Gesellschaften und Fortbildungskurse, Die Kinematographie zu Forschungs- und Sammlungszwecken, Wissenschaftliche Filmarchive, Äußerungen über medizinische Kinematographie, Medizinisch-kinematographische Demonstrationen, Bibliographie über allgemeine Kinematographie) und ferner über die spezielle medizinische Kinematographie

(z. B. Anatomie, Pathologie, Pharmakologie, innere Medizin, Chirurgie, Hygiene usw.) gesagt werden kann.

Die ausführlichen Literaturangaben, die man überall beigegeben findet, sind sicher vielen Lesern sehr erwünscht. 24 meist recht lehrreiche Abbildungen tragen zur Belebung des vorgetragenen Stoffes wirksam bei. Ein Autorenregister beschließt das Buch.

W. Merté, Jena.

Zsigmondy, Richard, Kolloidchemie, ein Lehrbuch.

Zweite vermehrte und zum Teil umgearbeitete Auflage. Leipzig, Otto Spamer, 1918. XVI, 402 S., 5 Tafeln und 54 Figuren im Text. Preis geh. M. 26,—, geb. M. 30,— (20 % Teuerungszuschlag).

Noch im Jahre 1905 hat der Verfasser des vorliegenden Werkes zu dem Versuch einer zusammenfassenden Darstellung von Tatsachen und Gesetzmäßigkeiten aus dem Gebiete der Kolloidchemie, den er als einer der Ersten unternahm, bemerken können, „daß wir bei der Erforschung der Kolloide vor einer großen umfangreichen Wissenschaft stehen, zu deren Aufbau bis jetzt kaum die ersten Anfänge vorliegen“.

Seitdem hat sich der Umfang dieses Wissensgebietes außerordentlich vergrößert. Es ist eine ganze Anzahl von Lehrbüchern entstanden, in denen allerdings der Wunsch, das empirische Material unter allgemeine Gesichtspunkte zusammenzufassen, nicht immer die Gefahr vermied, dabei den Tatsachen Gewalt anzutun.

Eine besondere und, wie das rasche Erscheinen der zweiten Auflage zeigt, mit Zustimmung begrüßte Stellung nimmt der Verfasser des vorliegenden Lehrbuches ein. Er trägt dem Charakter der werdenden Wissenschaft dadurch Rechnung, daß er nicht die Abstraktionen in den Vordergrund stellt, denen er das Tatsachenmaterial unterordnet, sondern daß er das Hauptgewicht auf die Beschreibung der kolloiden Systeme legt und die Theorien und Verallgemeinerungen an den Stellen zur Sprache bringt, an welchen ihre Wurzeln liegen.

Ein fundamentaler Fortschritt freilich mußte im allgemeinen Teil seinen Platz finden. Es ist die Theorie der Koagulation, die v. Smoluchowski kurz vor seinem für die Wissenschaft so beklagenswert frühen Ende gegeben hat. Er hat darin eigene Untersuchungen über die mathematische Theorie der Brownischen Molekularbewegung und der Konzentrationsänderungen einer Anregung des Verfassers folgend auf die Kolloide ausgedehnt. Das Problem, weshalb die Teilchen der elektrolytempfindlichen Hydrosolle infolge der Entladung zusammenreten, findet seine Lösung darin, daß zwischen den Ultramikronen Anziehungskräfte bestehen, die, wenn auch auf geringe Entfernungen wirkend, die Teilchenvereinigung herbeiführen. Der Elektrolytzusatz vermindert oder neutralisiert die Ladung und dann tritt die Attraktion in Wirkung. Bezüglich der Wiedergabe des mathematischen Teils der Theorie von v. Smoluchowski bleibt dem Verfasser für künftige Auflagen die schöne Aufgabe, die Formeln wenn nicht streng abzuleiten, so doch wenigstens plausibel zu machen. Auf die antagonistische Wirkung anziehender Kräfte, welche die Teilchenvereinigung herbeiführen, und abstoßender elektrischer Kräfte, die eine Trennung der Teilchen erstreben, wird vom Verfasser auch das von Ellis und besonders von Powis mit so merkwürdigem Resultat — Vereinigung bereits vor Erreichung des isoelektrischen Punktes — untersuchte Verhalten von Ölemulsionen zurückgeführt.

Fast in jedem Kapitel gibt ein Vergleich der zwei-

¹⁾ Vgl. z. B. H. Lehmann, Die Kinematographie, S. 20, B. G. Teubner, Leipzig 1911.

²⁾ H. Lehmann, Zur Theorie der kinematographischen Synthese, Ztschr. f. Instr.-Kunde 1910, S. 267.

ten mit der ersten Auflage Beweise von der Gewissenhaftigkeit, mit der der Verfasser an dem Ausbau seines Arbeitsgebietes zu einem einheitlichen Lehrgebäude tätig ist. Scheinbar abseits liegende Untersuchungen werden herangezogen und daraus Schlüsse für die hier zu betrachtenden Erscheinungen gezogen. So wird in Anknüpfung an die Arbeiten von *Lenard* über die durch Assoziation gebildeten Molekularkomplexe geschlossen, daß die größere Beständigkeit der hydrophilen Kolloide, wie Eiweiß, Gelatine, im Gegensatz zu den lösungsfremden hydrophoben Kolloiden, wie kolloidales Gold, nicht auf besondere Teilchengröße (Suspensionsähnlichkeit) der letzteren zurückzuführen ist, sondern darauf, daß bei hydrophilen Kolloiden eine größere und schwerer durchbrechbare Wasserhülle als Ursache der Beständigkeit anzunehmen ist.

Gemäß dem veränderten Inhalt hat auch die Einteilung des allgemeinen Teils eine Veränderung erfahren. Nach der Einleitung wird wie früher eine Systematik der Kolloide gegeben, dann aber folgt als drittes Kapitel eine sehr ausführliche Behandlung der physikalischen Grundlagen. Das vierte Kapitel des allgemeinen Teils behandelt die Gel- und Solbildung und bespricht die Strukturen, die Reaktionen und Zustandsänderungen.

Der spezielle Teil behandelt von anorganischen Kolloiden zuerst die Metalle, davon ausführlich Gold, Platin und Silber. In einem besonderen Abschnitt werden die geschützten Metallkolloide besprochen. Von kolloiden Nichtmetallen wird auf Schwefel und Selen näher eingegangen. Einen breiten Raum nimmt sodann die Behandlung der kolloiden Oxyde, insbesondere die der Kieselsäure und Zinnsäure ein, was durch die neueren sorgsamten Arbeiten über diese Gegenstände —

vorgehoben, daß hier eine Fülle von allgemeinen Beobachtungen und theoretischen Betrachtungen gebracht wird, die eigentlich dem allgemeinen Teil hätten eingereiht werden können, die aber gerade dadurch, daß sie an speziellen Beispielen entwickelt werden, an Überzeugungskraft gewinnen. Es sei dabei insbesondere auf die ebenfalls aus Anregungen des Verfassers entstandenen Untersuchungen über die Gelatine verwiesen.

So dürfte der zweiten Auflage der gleiche Erfolg beschieden sein wie der ersten, vergrößert noch dadurch, daß jetzt wieder junge Kräfte der Förderung des für die Theorie und die Technik so aussichtsvollen Gebietes der Kolloidchemie sich zuwenden werden.

Alfred Coehn, Göttingen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Der Flug der Insekten und der Vögel.

In dem Heft 10 des laufenden Jahrgangs hat Herr Dr. *Wilhelm Hoff*, Ingenieur an der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V., Adlershof, als Flugzeugtechniker Stellung genommen zu meiner Veröffentlichung über den Flug der Insekten und der Vögel. Als Zoologe, dem das Gebiet der Technik im großen und ganzen doch ein fremdes bleibt, kann man über den anregenden und fördernden Aufsatz von Dr. *Hoff* nur erfreut sein.

Zu der entscheidendsten kritischen Behauptung von *Hoff* möchte ich jedoch hier eine Bemerkung beifügen.

Er stellt in einer Tabelle, die ich hier nochmals folgen lasse, die c_a -Werte für den Spatzen als Typus des Vogels denjenigen von einer Reihe von Insekten gegenüber und kommt dabei zu folgendem Schluß: „Die

Demoll, Teile der Tabellen 1 und 2 zusammengezogen.

Lfd. Nr.	N a m e	Gewicht A g	Fläche F cm ²	Flugzeuggeschwindigkeit v in m/sec	$A : F$ kg/m ²	v^2 im Mittel	c_a
31	Spatzen	27	134	12÷15	2,01	180	0,179
27	Mistkäfer	0,9039	5,90	7	1,525	49	0,498
20	Honigbiene	0,0670	0,90	3,7	0,745	13,7	0,871
6	Schwalbenschwanz	0,2350	16,90	3,5÷4	0,139	14,0	0,159
22	Maikäfer	0,6668	8,15	2,2÷3	0,820	6,75	0,195
26	Schlammfliege	0,0882	0,66	2,7	1,335	7,30	2,930
18	Schweißfliege	0,0650	1,18	2,7	0,550	7,30	1,205
14	Stubenfliege	0,0115	0,81	2,0÷2,3	0,371	4,62	1,285
2)	Weißling	0,1000	15,80	1,8÷2,3	0,0632	3,25	0,310
3)		0,0818	9,78		0,0837	5,30	0,253

Sämtliche c_a -Werte werden etwas größer, wenn an Stelle des Schatteninhalts des ganzen Tieres nur derjenige der Flügel eingesetzt wird.

die zum Teil auf die Anregungen des Verfassers zurückgehen — wohlberechtigt erscheint. Weiterhin wird noch eine Reihe anderer Oxyde besprochen; hervorgehoben sei die Darstellung der interessanten, von *Diesselhorst* und *Freundlich* näher untersuchten optischen Erscheinungen am Vanadinpentoxyd. Es folgen kolloide Sulfide und Salze. Von besonderem, auf das Gebiet der Photographie hinübergreifendem Interesse erscheint hier das Kapitel über die Photohaloide. Von organischen Kolloiden werden die organischen Salze und die Eiweißkörper behandelt, von Salzen speziell die Seifen und die Farbstoffe. Für die Eiweißkörper werden als spezielle Beispiele herangezogen die Gelatine, das Hämoglobin und Kasein.

Als charakteristisch für den speziellen Teil sei her-

Beurteilung der c_a -Werte ist von Bedeutung. Sie sind von derselben Größenordnung wie diejenigen, welche im Flugzeugaufbau erreicht werden. Diese Tatsache läßt die Folgerung zu, daß es ungerechtfertigt ist, derart grundsätzliche Unterschiede zwischen Insekten-, Vogel- und Flugzeugflug gelten zu lassen, wie sie *Demoll* zwischen den ersten beiden aufbaut. Aus dieser Übereinstimmung der c_a -Werte ergibt sich, daß die Insekten ihre Flügel aerodynamisch in ähnlicher Weise ausnutzen wie die Vögel und Flugzeuge. Die Insekten können somit als Flugzeuge mit besonders kleiner Geschwindigkeit und infolgedessen auch geringer Flächenbelastung aufgefaßt werden. Wenn sich trotzdem beispielsweise der c_a -Wert der Stubenfliege mit demjenigen des Spatzen nicht deckt, so braucht das nicht zu

erstaunen. Ein Spatz im wagerechten Flug ist noch nicht an der Grenze seiner Tragfähigkeit, er benutzt infolgedessen unbewußt ein kleineres c_a , genau so wie im Flugzeugbau für gering belastete, aber steigfähige Flugzeuge beim wagerechten Flug in Bodennähe kleine c_a -Werte angewendet werden. Die Stubenfliege scheint dagegen eher an der Grenze ihres Flugkönnens zu sein und besitzt deshalb einen hohen c_a -Wert, genau so, wie wir es beispielsweise von den hochbelasteten gepanzerten Flugzeugen her kennen.“

Den aus dem Rahmen ziemlich stark herausfallenden c_a -Wert der Schlammfliege versucht er durch folgende Fußnote zu erklären: „Der Wert der Schlammfliege fällt heraus, vielleicht wegen ungenauer Bestimmung der Geschwindigkeit oder der Flügelfläche.“ Hierzu ist nun zu bemerken, einmal: daß der Spatz nicht als Typus aufgefaßt werden darf, der das den Vogelflug Charakterisierende in reiner Form darstellt. Ich habe hierüber S. 50 geschrieben: „Die kleinen Vögel — nehmen — eine Zwischenstellung ein, und die schwirrenden Kolibris dürfen vermutlich den Insekten hinsichtlich des Flugs viel näher gestellt werden, als ihren großen Verwandten. Untersuchungen über den Flug der Singvögel habe ich nicht angestellt; nur einige Beobachtungen habe ich gemacht, die es mir nicht zweifelhaft erscheinen lassen, daß bei diesen Tieren das Prinzip des Drachenflugs stärker zurücktritt, wenn nicht schon ganz verschwindet.“

Es sind also an Stelle der Spatzen andere Vögel als Vergleichsbeispiel zu wählen. Aber auch unter den Insekten sind viele atypische Formen, wie der Schwalbenschwanz und die beiden Berechnungen für die Weißlinge; denn hier kann man bei einer Flügel-frequenz von nur 9 Schlägen in der Sekunde nicht mehr von einem Schwirrflug sprechen.

Stellen wir aber eine neue Tabelle auf, und zwar derart, daß wir normale gute Flieger unter den größeren Vögeln mit Insekten vergleichen, die das Typische des Schwirrflugs darstellen, und ferner wieder die besten Flieger unter den Vögeln vergleichen mit den besten Fliegern unter den Insekten, eliminieren wir also aus der Tabelle die Tagsschmetterlinge, so würden bereits alle c_a -Werte der Insekten etwa das 10—12-fache des Wertes der Spatzen erreichen, mit Ausnahme des Maikäfers, für den Hoff 0,195 findet; doch liegt hier ein Rechenfehler vor; die Zahl sollte heißen: „1,95“.

Stellen wir aber nun die Werte in der oben geforderten Weise zusammen, dann finden wir:

Name	v	$\frac{A}{F}$	c_a
Taube.....	26 (n. <i>Spill</i>)	2,413	0,0571
Mistkäfer.....	7 (n. <i>Demoll</i>)	1,525	0,498
Honigbiene.....	3,7 „	0,745	0,871
Maikäfer.....	2,2—3 „	0,82	1,95
Schlammfliege ...	2,7 „	1,135	2,930
Schmeißfliege ...	2,7 „	0,550	1,205
Stubenfliege.....	2,0—2,3 „	0,371	1,285
Hummel.....	4 „	1,000	1,000
Wespe.....	1,8 „	0,573	2,891
Chrysopa ¹⁾	0,6 „	0,0482	2,142

¹⁾ Diese Form ähnelt schon stark den Schmetterlingen, ergibt jedoch einen noch höheren Wert für die Tragfläche pro Körpergewicht als diese. Andererseits ist aber der Flug insofern typischer, als die Schlagfrequenz zwar nicht sehr hoch, aber immerhin doch 22 pro Sekunde beträgt.

Vergleichen wir demgegenüber nun die besten Flieger unter den Vögeln mit den besten Fliegern unter den Insekten, so haben wir dort zu nennen:

Name	v	$\frac{A}{F}$	c_a
den Mauersegler ¹⁾ .	62 (n. <i>Spill</i>)	2,075	0,0086
oder die Möve....	62 „	2,123	0,0088
demgegenüber wäre zu stellen:			
der Wolfmilch-	bis zu		
schwärmer.....	15 (n. <i>Demoll</i>)	0,869	0,0618

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß im Durchschnitt die mittleren Flieger unter den Insekten einen etwa 20-mal (Wespe 50-mal) höheren c_a -Wert haben als die mittleren Flieger unter den Vögeln, daß aber auch die besten Insektenflieger, die zugleich zu den größten Insekten gehören, immerhin noch einen 7-mal größeren c_a -Wert besitzen als die besten Flieger unter den Vögeln.

Die Vermutung von Hoff, daß der Spatz zwar im allgemeinen ein kleineres c_a benutzt, als der Grenze seiner Tragfähigkeit entsprechen würde, daß dies nicht aber auch für die Insekten gilt, und daß dadurch eine Annäherung beider Werte zustande kommt, ist durch nichts begründet. Im Gegenteil: aus meiner Arbeit ist zu ersehen, daß man von der Biene mit Sicherheit behaupten darf, daß sie beim Ausflug mit kleinerem c_a -Wert fliegt, als im belasteten Zustande, wenn sie zurückkehrt. Für die pollentragende Biene habe ich ein v von 2,5 gefunden; demnach ergibt sich ein $A:F$ von 0,744 und ein c_a -Wert von 1,904.

Es scheint mir daher, daß die Differenzen in den c_a -Werten, die bei den Vögeln und bei den Insekten gleicher Flugqualität auftreten, konstant und typisch genug sind, um in ihnen den Ausdruck verschiedenartiger, dem Bau des Flugapparates inhärenter Konstruktionen und Funktionen sehen zu dürfen²⁾.

Einen Irrtum möchte ich schließlich noch richtigstellen, der durch eine nicht geschickte Ausdrucksweise in meiner Arbeit hervorgerufen ist. Hoff knüpft an den Satz an: Der Vogel liegt auf der Luft, das Insekt hängt in der Luft und führt aus, daß auch beim Vogelflug $\frac{2}{3}$ Saugkräfte und nur $\frac{1}{3}$ Druckkräfte in Betracht kommen. Ich habe aber geschrieben: „Der segelnde Vogel liegt auf der Luft.“ Besser hätte ich mich ja wohl dahin ausgedrückt, daß beim typischen Vogelflug die Phase des Segelns so dominiert, daß sie als das den ganzen Flug Charakterisierende angesehen werden kann und daß man insofern berechtigt ist, einen derartigen, die beiden Flugkategorien trennenden Satz aufzustellen.

München, den 24. März 1919.

Prof. Dr. R. Demoll.

Den Demollischen Äußerungen habe ich Verschiedenes entgegenzuhalten, was voraussichtlich dazu bei-

¹⁾ Die Geschwindigkeitsangabe für den Mauersegler kann nicht als übertrieben angesprochen werden, da Ziegler für die Schwalbe ähnliche Werte, nämlich 56 sec/m, auf größere Strecken findet.

²⁾ Es ist zu hoffen, daß demnächst Belastungsversuche mit Brieftauben vorgenommen werden. Besonders wichtig sind diese Versuche auch insofern, als die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen ist, daß die Brieftauben bei mäßiger Belastung den Flug beschleunigen, während er bei den Insekten verlangsamt wird.

tragen wird, die Zusammenhänge zwischen technischem und Tierflug weiter zu klären. Da meine Erwiderung infolge Raummangels in diesem Heft nicht mehr gebracht werden kann, verweise ich auf meine späteren Ausführungen.

Der c_a -Wert für den *Mistkäfer* ist leider von mir versehentlich um eine Dezimale falsch eingesetzt worden. Dadurch wird die Gruppe der Insekten mit hohen c_a -Werten größer. Es sei hier auf einen weiteren Fehler hingewiesen: es muß in der Tabelle nicht „*Flugzeuggeschwindigkeit*“, sondern „*Fluggeschwindigkeit*“ heißen.

Hoff.

Über Wismutwasserstoff und Zinnwasserstoff.

Vor einiger Zeit habe ich nachgewiesen, daß das Element Wismut imstande ist, eine gasförmige Verbindung mit Wasserstoff einzugehen¹⁾. Das Darstellungsverfahren, das ich zuerst an radioaktiven Wismutarten (Thorium C und Radium C) ausgearbeitet und dann — gemeinsam mit E. Winternitz — auf gewöhnliches inaktives Wismut übertragen habe, bestand in der Zersetzung einer Wismut-Magnesium-Legierung durch verdünnte Säuren. Um einen tieferen Einblick in die Bildungsbedingungen des Wismutwasserstoffs zu gewinnen, erschien es zweckmäßig, nach einer prinzipiell davon verschiedenen Darstellungsart zu suchen, und nach längeren vergeblichen Bemühungen habe ich eine solche in der direkten elektrochemischen Vereinigung von Wismut und Wasserstoff aufgefunden; unter geeigneten Bedingungen läßt sich Wismut elektrolitisch zu Wismutwasserstoff reduzieren und dieses Verfahren kann, wie gemeinsam mit W. Neumann durchgeführte Versuche ergeben haben, so weit vervollkommen werden, daß es wesentlich bessere Ausbeuten liefert, als der Weg über die Magnesium-Legierung. Wir konnten z. B. mit den so aus gewöhnlichem Wismut dargestellten Mengen Kondensation und Wiederverflüchtigung des Wismutwasserstoffs bequem nachweisen.

Anschließend an die Versuche mit Wismutwasserstoff bemühte ich mich auch, den bisher unbekannten Zinnwasserstoff darzustellen, und gemeinsam mit K. Fürth ausgeführte Experimente haben die Existenz dieser Verbindung erwiesen. Bei der Zersetzung einer Zinn-Magnesium-Legierung durch verdünnte Säuren entsteht gasförmiger Zinnwasserstoff; beim Leiten durch ein glühendes Rohr zerfällt er und bildet ganz so wie die analogen Verbindungen des Arsens, Antimons und Wismuts einen Metallspiegel, der mit Hilfe der charakteristischen Reaktionen, die durch die zwei Valenzstufen des Zinns ermöglicht werden, leicht als Zinn zu identifizieren ist.

In der Gruppe IV b des periodischen Systems endet die Fähigkeit, ein gasförmiges Hydrid zu bilden, also nicht mit dem Element Germanium, sondern erst mit dem Element Zinn.

Ausführlicheres über die hier besprochenen Versuche und einige weitere Ergebnisse werden an anderer Stelle mitgeteilt werden.

Prag, den 24. Juni 1919.

Fritz Paneth.

Berichtigung.

In dem Aufsatz: *Die Polhöhenchwankungen* in Heft 26 hat die Druckerei auf S. 454 in der 2. Spalte Z. 14 v. u. eine Zeile ausgelassen und dadurch den Sinn entstellt. Es soll heißen: „Sechs auf demselben Parallelkreis in 39° 8' n. Br. gelegene Stationen: Mizusawa (Japan), Tschardjui (Buchara), Carloforte (bei Sardinien)“ usw.

¹⁾ Ber. d. Deutschen Chem. Ges. 51, 1704 und 1728 (1918).

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über die Verwertung der Wöllaner Braunkohle macht Dr. von Kozicki interessante Mitteilungen. Die Braunkohle von Wöllan (Städteiermark) ist ein Lignit, sie bildet eine mächtige muldenförmige Ablagerung von 10–12 km Länge und etwa 5 km Breite in einem weiten Talkessel. Die Flözmächtigkeit beträgt an der Abbaustelle 60–80 m, in dem Muldentiefsten dagegen vermutlich mehr als 120 m, so daß hier ein riesiger Brennstoffvorrat aufgespeichert ist. Die Flözmasse ist ziemlich rein, sie besteht aus dichter, graubrauner, wasserreicher Moorkohle, in der sich oft abgeplattete Holzstämme von vorzüglich erhaltener Holzstruktur eingebettet finden. Die grubenfeuchte Moorkohle hat einen Heizwert von nur 3000 WE und hat sich bei der Vergasung im Generator gut bewährt. Die Vergasungsversuche wurden in der Gaszentrale der staatlichen Berg- und Hüttenverwaltung zu Cilli vorgenommen, und zwar in Drehrostgeneratoren, Bauart *Auhagen*, die bei 2,5 m lichtem Durchmesser etwa 35–38 t Lignit in 24 Stunden durchsetzen können. Der sternförmige Rost der Generatoren gewährleistet eine gleichmäßige Verteilung des Dampf-Luft-Gemisches auf die ganze Brennstoffsäule und damit eine gleichmäßige Temperatur in der Brenzone, die auf 1100° eingestellt wurde. Bei niedrigerer Temperatur war die Ausbeute an Nebenprodukten zwar noch besser, doch enthielt in diesem Falle das Gas so viel Wasserstoff, daß die Beheizung der Ofenanlage Schwierigkeiten bereitete. Zwei Kohleproben, die an verschiedenen Stellen entnommen waren, enthielten 25 bzw. 38 % Wasser und 6–8 % Asche. Aus 1 kg Kohle wurden 1,7 cbm Generatorgas erhalten, das 27,5 % CO, 6,7 % CO₂, 14,1 % H₂ sowie 1,6 % CH₄ enthielt. Ferner waren in 1 cbm Gas von 0° 250–300 g Wasser, 19,3 g Teer und 3,7 g Ammoniak enthalten. Da die 5 Drehrostgeneratoren der Zinkhütte stündlich 12 000 cbm Gas von 0° erzeugen, so beträgt die Teererzeugung nahezu 240 kg stündlich. Der rohe Teer ist sehr dickflüssig, braunschwarz und hat einen Stockpunkt von etwa 30°. Er enthält bis zu 15 % Wasser und hat ein spezifisches Gewicht von 1,03–1,12 bei 15°. Die Destillation des Teers ergab 30 % Mittelöl (S. P. 120–250°), 20 % leichtes Paraffinöl (S. P. 250–350°), 25 % schweres Paraffinöl (S. P. über 350°) und 25 % Pech. Das Mittelöl enthält 2 % Paraffin und bis zu 10 % Schwefel, der durch Destillation mit Zinkstaub oder durch Raffination mit konzentrierter Schwefelsäure abgeschieden werden kann. Das leichte Paraffinöl hat einen Stockpunkt von + 23°, es enthält etwa 9 % Paraffin und bis zu 8 % Schwefel. Beide Fraktionen können als Treiböl für Dieselmotoren Verwendung finden, ebenso die dritte Fraktion, nachdem das Paraffin abgepreßt ist. Das Pech ist bei gewöhnlicher Temperatur steinhart und erweicht erst bei 200°. Da die 5 Generatoren täglich 5800 kg wasserfreien Teer liefern, lassen sich somit täglich 1700 kg Mittelöl, 1150 kg leichtes Paraffinöl, 1400 kg schweres Paraffinöl, 1450 kg Pech sowie 345 kg Hartparaffinschuppen gewinnen. Die Ammoniakausbeute beträgt über 50 % vom Stickstoff der Kohle (0,9 %). Da bei dem Betriebe der Anlage leicht eine Ausbeute von 60 % erzielbar ist, so können täglich 2250 kg Ammoniumsulfat gewonnen werden. Das Generatorgas ist frei von Benzol und seinen Homologen. (Bergbau u. Hütte, 2. Jahrg., S. 293–296.) S.

Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit (Hans Reichen-

bach, Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik 1917, Bd. 161). Die Arbeit untersucht den Zusammenhang zwischen den mathematischen Wahrscheinlichkeitsgesetzen und der physikalischen Wirklichkeit. Sie geht zunächst von der Tatsache aus, daß die Geltung von Wahrscheinlichkeitsgesetzen in der Physik, in der Statistik, in den Zufallsspielen allgemein anerkannt wird, und vermutet, daß diese Übereinstimmung nicht auf einem Zufall beruht, sondern ein verborgenes Gesetz der Natur enthält. Den Versuch, Wahrscheinlichkeitsannahmen als subjektiv gültigen Ersatz für mangelnde Kenntnis kausaler Zusammenhänge anzusehen, lehnt sie ab, weil es tatsächlich objektive Sachverhalte gibt, die durch Wahrscheinlichkeitsgesetze erschöpfend beschrieben werden. Die erste Fragestellung der Arbeit lautet daher: *Welches ist die Voraussetzung, die die Physik über das Verhalten der wirklichen Dinge macht, wenn sie Wahrscheinlichkeitsgesetze als objektiv gültig annimmt?*

Die Lösung dieser Frage wird im Anschluß an Poincaré in der Aufstellung der Wahrscheinlichkeitsfunktion gegeben. An dem Beispiel eines konstruierten Glücksspiels (der Wahrscheinlichkeitsmaschine) wird gezeigt, daß die bloße Existenz einer derartigen Funktion (im wesentlichen kommt es dabei auf ihre Stetigkeit an) genügt, um die Gleichwahrscheinlichkeit der „möglichen Fälle“ zu erklären. In besonderer Auseinandersetzung mit der Kriesschen Spielraumtheorie wird gezeigt, daß der Symmetrieschluß, den Kries stets an letzte Stelle setzen muß (die gleiche Häufigkeit gleicher Spielräume), überwinden und durch eine Stetigkeitsforderung ersetzt werden kann. Es wird weiter gezeigt, daß dieselbe Voraussetzung bei anderen Wahrscheinlichkeitsproblemen hinreichend ist, so bei der Kombination von Wahrscheinlichkeiten und bei der Fehlertheorie.

Nachdem das Axiom der Anwendbarkeit von Wahrscheinlichkeitsgesetzen als Prinzip der Wahrscheinlichkeitsfunktion formuliert ist, wird es zum Gegenstand philosophischer Kritik gemacht. Es wird zunächst festgestellt, daß es sich nicht um ein empirisches Gesetz handelt, sondern um ein Prinzip, mit dessen Hilfe ein über die Erfahrung des Einzelfalles hinausgehender Schluß gezogen wird.

Eine Analyse des physikalischen Erkenntnisbegriffs zeigt ferner, daß das Kausalprinzip nicht hinreichend ist, Gesetze der Natur zu begründen, sondern daß alle Aussagen über Naturvorgänge völlig in der Luft schweben, wenn nicht das Kausalgesetz, das Prinzip der gesetzmäßigen Verknüpfung, ergänzt würde durch ein Prinzip der gesetzmäßigen Verteilung. Dieses Verteilungsprinzip, das philosophisch postuliert werden muß, wenn physikalische Erkenntnis einen Sinn haben soll, ist aber identisch mit dem Prinzip der Wahrscheinlichkeitsfunktion. Kausalprinzip und Wahrscheinlichkeitsprinzip stehen deshalb völlig parallel. Die Voraussetzung, die der Physiker bei der Anwendung von Wahrscheinlichkeitsgesetzen macht, ist kein Wirklichkeitsfremder Subjektivismus und keine künstliche Überbrückung seiner Unwissenheit, sondern ein konstituierendes Prinzip der Erkenntnis, das nicht weniger Anspruch auf Anerkennung macht als das Prinzip der Kausalität, mit diesem zusammen steht und fällt. Darum müssen auch alle Versuche, das Prinzip durch Erfahrung zu bestätigen oder zu widerlegen, verfehlt erscheinen. Die Erfahrung kann nur lehren, ob im besonderen Fall die Voraussetzungen für eine spezielle Form des Prinzips gegeben sind. Aus einer Nichtbestätigung der

berechneten Wahrscheinlichkeitsverteilung kann man nur schließen, daß andere Bedingungen vorliegen, als man vorausgesetzt hatte, daß man den Wahrscheinlichkeitsansatz also in anderer Form machen muß. Über das Verteilungsprinzip selbst kann daraus nichts geschlossen werden.

Die Einordnung in das System der Erkenntnis, welche die Wahrscheinlichkeitsgesetze auf diese Weise erfahren, stellt sie als gleichberechtigten Zweig in die Physik hinein.

Autoreferat.

Die geographische Verteilung der regenärmsten und regenreichsten Gebiete in Deutschland. Auf Grund 20-jähriger Beobachtungsreihen an 3700 deutschen Regenmeßstationen hat G. Hellmann eine Karte entworfen, auf welcher die regenarmen Gebiete mit < 500 mm, die regenreichen mit 1000 bis 2000 mm und die regenreichsten mit > 2000 mm Niederschlag im Jahre eingetragen sind¹⁾. Regenreiche Orte gibt es nur in Berglandschaften, denn die größten Jahresmengen im Tiefland erreichen nicht ganz 850 mm (in Schleswig-Holstein). Die bekannte Tatsache, daß die Niederschlagsmenge mit der Meereshöhe zunimmt, wird genauer festgestellt, wobei sich ergibt, daß die Fläche, bei welcher die mittlere jährliche Niederschlagshöhe von 1000 mm erreicht wird, in ganz Deutschland von Westen nach Osten hin ansteigt. An der Nordwestecke des Rheinisch-Westfälischen Berglandes z. B. liegt die Isohyetenfläche von 1000 mm in einer Meereshöhe von 180 m, am Glatzer Schneeberg dagegen bei 750 m, und dieses Ansteigen nach Osten läßt sich auch an den einzelnen Gebirgen nachweisen, am auffälligsten beim Schwarzwald. Im allgemeinen sind die regenreichen Gebiete auf den Süden und Westen, die regenarmen auf den Norden und Osten beschränkt. Das regenreichste Gebiet überhaupt sind die Allgäuer Alpen, in denen bei der Kempnerhütte (1845 m) 2534 mm gemessen wurden. Die größte Regenmenge in Norddeutschland fällt im Harz, wo der Brocken Gipfel und das oberste Siebertal rund 1700 mm erhalten. Die folgende Tabelle gibt die mittlere größte Jahresmenge des Niederschlages in den deutschen Gebirgen, wie sie nach den vorhandenen Messungen als wahrscheinlich angenommen werden muß:

Alpen	2600	Fichtelgebirge . . .	1300
Vogesen	2300	Teutoburger Wald	
Schwarzwald	2200	und Egge	1200
Böhmer Wald	1800	Hochwald	1200
Harz	1700	Odenwald	1200
Riesengebirge	1600	Vogelsberg	1150
Isergebirge	1600	Rhön	1150
Bayerischer Wald . .	1500	Raue Alb	1150
Glatzer Gebirge . . .	1400	Frankenwald . . .	1100
Thüringer Wald . . .	1400	Eifel und Schneifel	1100
Rheinisch-Westfälisches Bergland . . .	1400	Solling	1050
Hohes Venn	1400	Spessart	1050
Erzgebirge	1300	Haardt	1000
		Knüll	900

Von den regenarmen Gebieten ist das westpreußisch-posensche das umfangreichste und intensivste. Es reicht vom Weichseldelta über die mittlere Warthe bis zur Obra. Hier geht in der Umgebung des Goplosees an der russischen Grenze südlich von Hohensalza die Jahresmenge bis 380 mm herab. Hellmann erklärt dieses große Trockengebiet durch seine

¹⁾ Neue Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Deutschland. Von G. Hellmann. Erste Mitteilung. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, Physik-Math. Klasse, Berlin 1919, S. 417—432. + 1 Karte.

Lage im Regenschatten¹⁾ der Pommerschen Seenplatte, deren geringe Höhen im Flachlande eine derartige Wirkung ausüben müssen. Überhaupt sind die Trockengebiete Deutschlands fast ausschließlich Regenschattengebiete.

O. B.

Die Bedeutung der Drehwage von Eötvös für die geologische Forschung nebst Mitteilung einiger Ergebnisse (Wilhelm Schweydar, *Zeitschrift für praktische Geologie*, 26. Jahrg. 1918, Heft 11, Halle a. d. S., Wilhelm Knapp). In kurzen Zügen wird die von Prof. Eötvös in den Dienst der Schweremessungen gestellte Drehwage in ihrer ersten Form, und dann in der verbesserten zweiten Form beschrieben und hierauf an einzelnen Beispielen gezeigt, welche außerordentliche Empfindlichkeit das Instrument besitzt. Diese ermöglicht es, Unterschiede in der Schwerkraft und den Krümmungsverhältnissen der Niveauflächen mit einer Genauigkeit von 10^{-9} cgs nachzuweisen. Solche kleinen Veränderungen innerhalb engbegrenzter Räume sind nun durch die geologischen Formationen bedingt, die zum Teil sichtbar an der Oberfläche liegen, zum Teil aber in der Erde verborgen sind. Diese letzteren nachzuweisen ist im wesentlichen Aufgabe nicht nur für den Geologen, sondern auch für den Bergmann. Wenn es nun auch aus theoretischen Gründen nicht möglich ist, bloß aus den Schwerestörungen Gestalt und Lage unterirdischer Massen festzustellen, so leistet die Messung doch dann wesentliche Dienste, wenn man bereits gewisse Anhaltspunkte hat über das, was zu konstatieren ist. Andererseits kann, wenn durch Schweremessungen das Vorhandensein einer Störung überhaupt konstatiert ist, durch eine einzige Bohrung ihre Natur bestimmt werden, wozu sonst viele und kostspielige Bohrungen nötig wären. Die Versuche, welche Prof. Schweydar über Veranlassung des Direktors der Deutschen Bank v. Stauß mit den Mitteln der Deutschen Petroleum-Aktien-Gesellschaft an einem Salzhorst angestellt hat, ließen deutlich erkennen, mit welcher Genauigkeit der Rand des Horstes durch Messungen mit der Drehwage festgestellt werden konnte. Auf die eminente Bedeutung, welche diesem Meßinstrument für geologische und montanistische Zwecke zukommt, muß daher besonders hingewiesen werden und es wäre sehr wünschenswert, wenn dasselbe auch in diesen Kreisen zur vielfachen Verwendung käme. Es steht zu hoffen, daß das Erscheinen des hier besprochenen Aufsatzes in einer geologischen Zeitschrift in dieser Richtung einen wesentlichen Schritt nach vorwärts bedeutet.

A. P.

Die Schwerkraft auf dem Mittelländischen Meere und die Hypothese von Pratt (H. Wolf, *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, XIV. Bd., 3. Heft, Leipzig 1916, W. Engelmann). Der Verfasser hat in seiner im Jahre 1913 erschienenen Dissertation die Heckerschen Beobachtungen der Schwere auf dem Meere einer neuen Reduktion unterzogen und ist zu dem Schlusse gekommen, daß wohl für die Ozeane das Gesetz des allgemeinen Massenausgleiches Gültigkeit hat, daß aber bei Binnenmeeren dieser Schluß nicht ohne weiteres zulässig ist, und zwar wurde an dem Beispiele des Schwarzen Meeres gezeigt, daß sich hier offenbar Abweichun-

gen vom Gleichgewichtszustande finden. In der vorliegenden Schrift werden nun auch die Heckerschen Stationen des Mittelländischen Meeres daraufhin untersucht. Es kamen 4 Stationen in Betracht: eine in der Straße von Messina, eine westlich von Kreta, eine bei Port Said und endlich eine in der Nähe der spanischen Küste. Soweit es möglich war, wurden die Resultate mit denen benachbarter Küstenstationen verglichen. Keine der Stationen erwies sich als normal, so daß wenigstens die unmittelbare Umgebung derselben als Störungsgebiet bezeichnet werden muß, wenn auch wegen der geringen Anzahl der Stationen der Schluß für das ganze Mittelländische Meer vielleicht verfrüht wäre.

A. P.

Über die Oxydation von Teerölen durch Ozon. Die hochsiedenden Braunkohlenteeröle fanden bisher nur als Heizöle und als Schmiermittel Verwendung, alle Versuche, sie in wertvollere Stoffe umzuwandeln, hatten keinen Erfolg. Nach Untersuchungen von Harries, Fonrobert und Koetschau ist es jedoch möglich, die ungesättigten Anteile dieser Öle durch Einwirkung von Ozon in Fettsäuren zu verwandeln, die zur Herstellung von Seife dienen können. Beim Einleiten von Ozon in das rohe Gasöl scheidet sich ein braunes, dickflüssiges Ozonid aus, das keinerlei explosive Eigenschaften hat und in Kalilauge löslich ist; diese Lösung hat jedoch nur ein geringes Schaumvermögen. Die Ozonide werden durch Wasserdampf sehr leicht unter Bildung von Peroxyden gespalten, die sich beim Erhitzen mit Kali in Säuren umlagern. Die Lösungen dieser Säuren in Alkalien schäumen schon stärker, enthalten aber immer noch ziemlich hochmolekulare Säuren. Um diese Säuren weiter zu zerlegen und die anscheinend darin vorhandenen konjugierten Doppelbindungen abzusättigen, wurden die Säurelösungen nochmals mit Ozon behandelt, wobei Lösungen von gutem Schaumvermögen und angenehmem Geruch erhalten wurden.

Ähnlich wie die Braunkohlenteeröle verhalten sich die aus bituminösem Schiefer gewonnenen Öle, wogegen die aus gewissen Erdölsorten erhaltenen Ozonide durch Wasser nur sehr schwer zersetzt werden und außerdem explosive Eigenschaften besitzen.

Um dieses Ergebnis praktisch zu verwerten, wurden Versuche in größerem Maßstabe zunächst im Elektrochemischen Laboratorium des Wernerwerks in Siemensstadt und später im Ozonwasserwerk der Stadt Wiesbaden angestellt. Ein Sauerstoff-Ozonstrom, der etwa 70 g Ozon in 1 cbm enthielt, wurde hierbei durch drei hintereinandergeschaltete Woulfsche Flaschen, die je 3 kg Öl enthielten, geleitet. Anfangs findet eine lebhafte Absorption des Ozons statt, hinter dem dritten Gefäß entweichen starke Nebel, die Formaldehyd und Ameisensäure enthalten. Das hierbei gebildete Ozonid wurde durch Wasserdampf zersetzt, und die heiße Lösung rasch mit konzentrierter Kalilauge versetzt, wobei man eine dunkelbraune Seifenlösung erhält. Die darin enthaltenen öligen und teerigen Verunreinigungen werden mit Benzol ausgeschüttelt, die Lösung sodann genau neutralisiert und hierauf nochmals mit Ozon behandelt. Die bei der zweiten Ozonisierung gebildeten Ozonide und Peroxyde werden wiederum mit Wasserdampf zersetzt und die Seifenlösung schließlich im Vakuum zur Trockne eingedampft.

Die feste Seife ist spröde, zieht rasch Wasser aus der Luft an und bildet eine braungelbe Schmierseife, die in einer Verdünnung von 1:100 bis 1:150 ein gutes Schaumvermögen besitzt. Die Umwandlung der

¹⁾ Mit Regenschatten bezeichnet man die Abnahme der Regenmenge hinter einer Erhebung des Landes. Die vom Winde getroffene Luvseite einer Erhebung ist in der Regel regenreicher, weil durch das erzwungene Aufsteigen der Luft und die damit verbundene Abkühlung die Kondensation des Wasserdampfes begünstigt wird. Auf der Leeseite dagegen, wo die Luft wieder herabsinkt, tritt dynamische Erwärmung ein, welche zur Auflösung der Regenwolken beiträgt.

Kaliseife in Natronseife bereitete einige Schwierigkeiten, gelang aber schließlich, indem die mit verdünnter Mineralsäure aus der Kaliseife frei gemachten Fettsäuren mit Benzol oder Äther aufgenommen und hierauf mit verdünnter Natronlauge wieder neutralisiert wurden. Auf diese Weise wurde eine gelbbraune, pulverisierbare Masse erhalten, die in Wasser leicht löslich ist und noch besser als die Kaliseife schäumt.

Die freien Fettsäuren sind gelblich gefärbt und haben einen leinölartigen Geruch. Sie sind in verdünntem Alkali klar löslich, wenn man sie jedoch mit starker Natronlauge versetzt, erstarrt die ganze Masse sofort zu einer gelblichen Natronseife, die gut schäumt und sich auch in Formen pressen läßt. Ein Teil des angewandten Gasöls bleibt auch nach der zweiten Ozonisierung unangegriffen und kann leicht von der Kaliseife getrennt werden. Das Öl wurde durch Schütteln mit Bisulfidlösung von Aldehyden und Ketonen befreit, im Vakuum destilliert und darauf mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt, wobei ein fast farbloses, hochwertiges Paraffinöl erhalten wurde.

Die Versuche im großen Maßstabe in dem Ozon-Wasserwerk der Stadt Wiesbaden wurden in ganz ähnlicher Weise mit 3 hintereinander geschalteten, je 100 kg Öl enthaltenden Gefäßen ausgeführt und lieferten nahezu dasselbe Ergebnis. Die im großen gewonnene Kaliseife glich in ihren Eigenschaften vollkommen der oben beschriebenen Verbindung. Mit der Kaliseife wurden von verschiedenen Firmen der Leder- und Textilindustrie Versuche angestellt, die ein günstiges Ergebnis lieferten. (*Chemiker-Zeitung*, 41. Jahrgang, Seite 117—119.) S.

Tiefen-Antisepsis mit Vuzin. Die experimentelle Chemotherapie hat in den höheren Gliedern der homologen Reihe der Äthoxygruppe von Derivaten der Chinaalkaloide wirksame Verbindungen gefunden, die selbst noch in hoher Verdünnung Keime abtöten, ohne das Gewebe zu schädigen. Die ersten Versuche bezogen sich auf das Äthylhydrocuprein (Optochin), das spezifisch desinfizierend auf Pneumokokken wirkt. Eitererreger (Streptokokken u. ä.) werden durch Isoamylhydrocuprein (Eucupin) noch in Verdünnung von 1 : 40 000, durch Isoctylhydrocuprein 1 : 80 000 abgetötet. Nebenbei ergab sich eine günstige Beeinflussung von Krebsgeschwüren und Röntgenschädigungen der Haut (*Morgenroth* und *Tugendreich*, Berl. Klin. Wochenschr. 1916, 10 und 29). — Die Bekämpfung der Wundinfektion — das Hauptproblem der Kriegschirurgie — wurde erstmals von *Klapp* mit dem von ihm „Vuzin“ benannten Isoctylhydrocuprein 1 : 10 000 in Angriff genommen (*Deutsche Med. Wochenschr.* 1917, 44): Der Schußkanal wird mit Vuzin, dem zu lokaler Betäubung Novocain und Suprarenin zugesetzt wird, umspritzt und die dem Gewebstod verfallene Zone ausgeschnitten. Reine Weichteilwunden können dann sofort durch Naht verschlossen werden, wenn keine Fremdkörper und keine Höhlen zurückgeblieben sind, da das Vuzin das Auskeimen der Eitererreger auch in der Nachbarzone verhindert, deren Widerstandskraft durch die molekulare Erschütterung¹⁾ geschädigt ist. Es ergeben sich besonders günstige Chancen für die Behandlung der Gelenkverletzungen — die bisher bekannten besten Antiseptika (Karbolsäure und Phenolkampher) erlaubten meist keinen

Verschluß des Gelenks; mit ihrer Hilfe konnte man wohl ein Fortschreiten der Eiterung verhüten oder einschränken, nicht aber die schwere funktionelle Schädigung infolge Sekundärheilung²⁾. Eine auffallend hemmende Wirkung hat Vuzin auf die Ausbreitung des Gasbrands. *Ansinn* (Münch. Med. Wochenschrift 1918, 20) vervollkommenet die Methode durch Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse: die Keime folgen besonders den Gefäß-Nervenscheiden und dem lockeren Bindegewebe der einzelnen Muskel und Muskelgruppen. Verlangsamung der Ausscheidung des Vuzins läßt sich durch Zusatz von Gummi arabicum (30 : 1000) erzielen. — Neue Aussichten erschließen sich nach diesen Erfahrungen für die unblutige Bekämpfung aller entzündlich-eitrigen Prozesse. Die Eröffnung des Eiterherds mit dem Messer führt häufig zu kosmetisch schlechten, funktionell störenden Narben, zum Zerfall von Sehnen und Gelenkkörpern, zu Narbenbrüchen usw. *Rosenstein* (Berl. Klin. Wochenschrift 1918, 7) hatte gute Erfolge bei Brustdrüsenvereiterungen, schweren Furunkeln und Karbunkeln, bei Zellgewebsentzündungen an den Gliedern und Gasbrand ausgesprochen fortschreitenden Charakters mit Punktion und Füllung des Herdes mit Vuzin oder mit Injektionsbehandlung der Umgebung ohne alle operativen Maßnahmen. *Bier* und *Neumann* (B. Kl. W. 1918, 8) scheiden dagegen nach ungünstigen Erfahrungen an zahlreichen Fällen von fortschreitender Zellgewebsentzündung — es traten Steigerungen der Entzündungserscheinungen bis zur Verminderung der Lebensfähigkeit des Gewebes auf — derartige Infektionen aus den der Vuzinbehandlung zugänglichen Erkrankungen aus. — Nach *Biers* Meinung handelt es sich weniger um eine Vernichtung von Bakterien, als hauptsächlich um biologische Vorgänge, die durch die Chininderivate eingeleitet und verstärkt werden. Die neueste Entwicklung des Verfahrens bei Zellgewebsentzündungen hat die intravenöse Darreichung des Vuzins gebracht; dabei wird das erkrankte Glied für $\frac{1}{2}$ —1 Stunde abgeschnürt, um durch die Sperrung des Blutabflusses eine möglichst vollkommene Durchspülung des Gewebes zu erreichen (*Breslauer, Centralbl. f. Chirurgie* 1918, 17). Auf diesem Weg wird der infektiöse Prozeß bedeutend abgeschwächt, ohne daß aber auf die üblichen chirurgischen Eingriffe verzichtet werden kann.

O. W.

Astronomische Mitteilungen.

In Astr. Nachr. Nr. 4974 teilt *A. Miethe* ein Verfahren mit, astronomische Silberglasspiegel durch einen gasdichten Überzug vor den Einflüssen der Feuchtigkeit und der stets in der Luft von Arbeitsräumen vorhandenen Spuren von Schwefelverbindungen zu schützen. Nach des Autors Erfahrungen soll dieser Überzug, der aus mit Amylacetat im Verhältnis 1 : 5—6 verdünnten Zaponlack besteht, die optische Beschaffenheit der Bilder in keiner merklichen Weise beeinträchtigen, auch seine Durchlässigkeit für violettes Licht bis 300 μ , der astronomisch in Betracht kommenden Grenze, soll nichts zu wünschen übrig lassen.

²⁾ Ausfüllung des Defekts durch neugebildetes gefäßreiches Bindegewebe (unter Entzündungserscheinungen), das schließlich in Narbengewebe umgewandelt wird.

¹⁾ Mikroskopisch nachweisbare Veränderung des Zellinnern in der Nähe des unmittelbar von der Gewaltwirkung betroffenen Gewebes.

Dem Artikel ist eine Bromsilberdruck-Reproduktion einer Mondaufnahme beigegeben, die mit einem so geschützten Spiegel aufgenommen ist, und die in der Tat keine Einbuße an Schärfe und Reinheit des Bildes erkennen läßt. Nach den bisherigen Erfahrungen schützt der Überzug die Spiegeloberfläche vollkommen. Sollten sich die auf dieses Verfahren, das auf Spiegel jeder Größe anwendbar ist, gesetzten Erwartungen auch weiterhin bestätigen, so wäre allerdings sein Wert für die astronomische Praxis ein außerordentlich großer. In demselben Artikel wird auf die günstige Wirkung einer Vorbespülung der zu versilbernden Glasfläche mit einer sehr verdünnten Zinnchloridlösung hingewiesen.

Über das Spektrum und die Helligkeit der Nova Aquilae bringt der Herausgeber der Astr. Nachr. in den Nummern 4969 und 4971 einige Mitteilungen aus ausländischen Quellen (*Lunt*, Nature Nr. 2558; *Pickering*, Harv. Circ. 208), ferner teilt *Graff* in Nr. 4982 Beobachtungen am großen Refraktor der Hamburger Sternwarte mit, die nach dem Wiederauftauchen des Sternes aus den Sonnenstrahlen ausgeführt worden sind. *Lunt* hat das Spektrum am 10., 11. und 12. Juni 1918 auf der Kapsternwarte aufgenommen und findet außer den hellen und dunklen Wasserstofflinien ein Absorptionsspektrum, das hauptsächlich aus den Funkenlinien des Titans, Eisens, Chroms, Strontiums, Calciums, Magnesiums und den Linien des Heliums gebildet wurde. Sämtliche Linien waren entsprechend einer Radialgeschwindigkeit von 1500 km/sec gegen Violett verschoben. Die dunkeln Calciumlinien *H* und *K* waren wie bei früheren neuen Sternen nur wenig verschoben. Es folgen noch weitere Angaben über das Spektrum, die hier übergangen werden müssen.

Pickering berichtet im Harv. Circ. 208, daß die Nova zuerst auf einer photographischen Aufnahme der Harvard-Sternwarte vom 22. Mai 1888 vorkomme. Ihre photographische Helligkeit war damals 10,5^m. So blieb sie auf 405 späteren Platten bis 1918 Juni 3; jedoch kommen kleine Schwankungen vor. 1st Juni 7 erschien die Nova auf 3 Aufnahmen von der 6. Größe. Das erste auf der Harvard-Sternwarte aufgenommene Spektrum der Nova, 1918 Juni 9, ist ähnlich dem des c-Sternes α -Cygni (Typus A3). Juni 11 und in der Folge war der gewöhnliche Novatypus vorhanden. Der Wechsel muß am 10. Juni während der Tagesstunden (für Amerika) stattgefunden haben. Juni 14 lagen auf den breiten Emissionsbändern des Wasserstoffs 3 dunkle Umkehrungen, die Juni 16 in H_β und H_γ fast verschwunden waren, während in H_δ eine doppelte dunkle Linie lag. Die violette Komponente wurde vermutlich durch die Linie λ 4059 verstärkt, die in den Spektren früherer Novae eine Rolle spielte. Sie war Juni 25 die dunkelste Linie im Spektrum, dagegen Juni 26 und 29 hell. Juli 2, 3, 4, 7 und 8 war sie wieder dunkel, Juli 10, 11, 12 kaum sichtbar als helle Linie. In der periodischen Lichtschwankung war Juni 29 die Helligkeit der Nova gering, Juli 2 bis 8 groß, Juli 10 bis 12 gering. Es ist also ein deutlicher Zusammenhang vorhanden.

Anfang April 1919 war nach *Graff* die Helligkeit der Nova immer noch 6,0^m, also kaum schwächer als sie bereits Mitte November 1918 gewesen war. Das Spektrum bestand im wesentlichen aus drei hellen Linien, wahrscheinlich *C*, *D* (D_3 ?) und *F*, von denen

F weitaus die hellste war, so daß sie den größten Teil des Novalichtes ausmachte. *Graff* schätzte das Intensitätsverhältnis 1 : 4 : > 100.

Über die bereits im 6. Jahrgang, Heft 41, der „Naturwissenschaften“ erwähnten Veränderungen der Helligkeitsverteilung im Spektrum der Nova Aquilae liegen jetzt eingehendere Untersuchungen von *J. Wilsing* vor (Astr. Nachr. Nr. 4981). Die Messungen wurden mit einem Crovaschen Spektralphotometer am 80 cm-Refraktor des Potsdamer Astrophysikalischen Observatoriums ausgeführt. Der Verlauf der effektiven Temperatur der Nova von 1918 Juni 10 bis Juli 4, abgeleitet aus den Messungen, ist aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich, die außerdem die Helligkeit der Nova nach anderweitigen direkten Beobachtungen und die gleich zu erörternde Flächenhelligkeit der Wasserstofflinie H_α enthält.

Datum	Eff. Temp.	Helligkeit	H_α
Juni 10.	9 000 ^o	0,23 ^m	—
11.	8 800	0,63	—
12.	6 600	1,02	—
13.	5 700	1,38	0,00 ^m
14.	6 800	1,55	— 0,31
18.	7 800	2,40	+ 0,14
19.	10 000	2,60	+ 0,19
30.	7 100	3,68	+ 0,64
Juli 4.	11 100	3,28	+ 0,57

Neben den Messungen im kontinuierlichen Spektrum sind noch Messungen der Flächenhelligkeit der hellen Wasserstofflinie H_α ausgeführt worden. Das Ergebnis, bezogen auf die Helligkeit des ersten Abends, Juni 13, als Einheit, ist in der letzten Reihe der Zusammenstellung gegeben. Die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums bei 0,604 μ hat in derselben Zeit, Juni 13—Juli 4, in der die Helligkeit der roten Wasserstoffstrahlung zusammen mit der des kontinuierlichen Spektrums bei 0,655 μ um 0,6^m abnahm, um 2^m abgenommen.

Bemerkenswert ist der Parallelismus zwischen der Helligkeit und der effektiven Temperatur Juni 19, 30 und Juli 4, wo die periodischen Helligkeitsschwankungen begannen. Der Unterschied des Mittels der Messungen bei 0,604 μ von Juni 19 und Juli 4 und der Messung von Juni 30 ist 0,8^m. Die Strahlungsformel gibt für die beiden Temperaturen 7100^o und 10 000^o abs. des schwarzen Körpers bei 0,604 μ den Unterschied 1,1^m; die Abweichung von 0,3^m liegt innerhalb der Unsicherheit der Messungen.

Der höchsten Temperatur der vorstehenden Reihe entspricht der Spektraltypus B (Heliumsterne), der tiefsten der Spektraltypus G (Sonne). Von der Wasserstoffstrahlung abgesehen, entsprechen die Temperaturschwankungen den periodischen Helligkeitsschwankungen unter Voraussetzung schwarzer Strahlung; jedoch zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der Temperatur und der fortschreitenden Helligkeitsabnahme. Die Flächenhelligkeit von H_α nahm beträchtlich langsamer ab als die Intensität der kontinuierlichen Strahlung und schien an den periodischen Schwankungen der letzteren nicht teilzunehmen. Die Erscheinungen lassen sich nach *Wilsings* Ansicht durch die Eruptionstheorie erklären. *P. Guthnick*.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 28. (Seite 487—502)

11. Juli 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Aerophysikalische Forschungen mit dem Flugzeuge.
Von Prof. Dr. Albert Wigand, Halle. S. 487.
Einiges über unsere Torfmoore. Von Asmus
Jabs, Zürich. S. 491.

Besprechungen:

Bechhold, J. H., Handlexikon der Naturwissen-
schaften. Von A. Berliner, Berlin. S. 495.
Heim, Albert, Geologie der Schweiz. Von
J. Früh, Zürich. S. 496.

Zoologische Mitteilungen:

Der Akademiestreit zwischen Geoffroy St. Hilaire

und Cuvier im Jahre 1830 und seine leitenden
Gedanken. S. 497—499.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Der geminderte Nährwert der gebräuchlichsten
Nahrungsmittel und sein Einfluß auf unsere
Ernährungslage. Darwins geschlechtliche Zucht-
wahl und ihre arterhaltende Bedeutung. Georg
Gerland. S. 500—502.

Astronomische Mitteilungen:

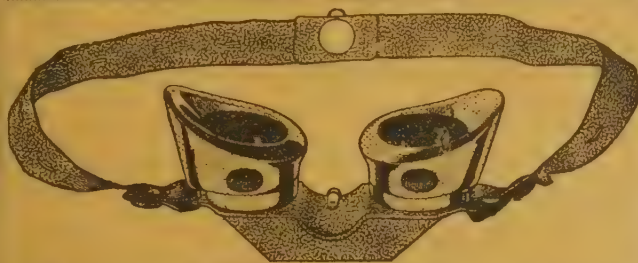
Vergleichung der Flächenhelligkeiten von Ring
und Zentralkörper des Saturn. Zur Theorie der
Gleichgewichtsfiguren rotierender homogener
Flüssigkeiten. S. 502.

ZEISS

LUPEN

für

**Naturwissen-
schaffler und
Naturfreunde**



Binokulare-Lupen
Räumliches Sehen
für botanische — zoologische —
mineralogische — chemische
Beobachtungen

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 38.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 50 Pf.

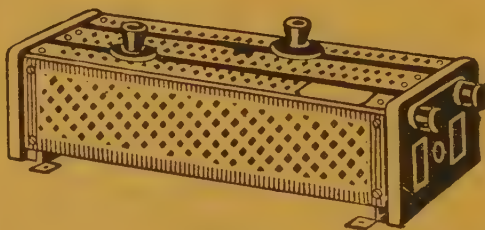
Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petizelle angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Siemens & Halske A.-G.

Wernerwerk Siemensstadt bei Berlin



Schiebewiderstände

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

in Pillenform

Prospekt zu Diensten.

ein von der Arztwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

11. Juli 1919.

Heft 28.

Aerophysikalische Forschungen mit dem Flugzeuge.

Von Prof. Dr. Albert Wigand, Halle a. S.

(Nach einem Vortrage.)

1. (Plan.) Das Thema, das wir hier behandeln, ist ein Programm. Noch kein abschließendes Ergebnis aerophysikalischer Forschungen mit dem Flugzeuge kann mitgeteilt werden. Es handelt sich bisher lediglich um Versuche zur Klärung der Frage, ob das Flugzeug für solche Zwecke geeignet ist. Das Ergebnis dieser Versuche berechtigt aber zur Aufstellung eines Planes, nach dem das Flugzeug systematisch als aerophysikalisches Forschungsmittel verwendet werden soll, sowohl zum rein meteorologischen Studium der höheren Luftschichten, wie es die *Aerologie* betreibt, als auch für die *Luftelektrizität* und die *Sonnenstrahlung* in der freien Atmosphäre.

R. Aßmann und andere Aerologen haben schon vor Jahren vorgeschlagen, zur Ergänzung der Registrieraufstiege von Drachen und Ballonen dem Flugzeug einen *Meteorographen* mitzugeben. Das ist auch hier und da geschehen, allerdings ohne näheres Eingehen auf die Schwierigkeiten technischer und wissenschaftlicher Art, die sich der Einführung dieser neuen Methode in den regelmäßigen Forschungsbetrieb in den Weg stellen. Dafür waren planmäßige Versuche nötig, zu deren Ausführung der Druck des militärischen Bedürfnisses geholfen hat. Während noch vor kurzem von maßgebender Seite an einer mehr als nur gelegentlichen Verwendbarkeit des Flugzeugs für solche Zwecke gezweifelt würde, ist jetzt durch die genannten Versuche nicht nur die Möglichkeit einwandfreier physikalischer Registrierungen im Flugzeuge erwiesen worden, sondern es sieht sogar so aus, als ob das Flugzeug für die in der Aerologie verwendeten Drachen und Fesselballone zu einem erfolgreichen Wettbewerber werden würde, sowohl hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Betriebes, wie auch bezüglich der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit wegen größerer Aufstiegshöhe und kürzerer Aufstiegsdauer.

Aber nicht nur für die Aerologie ist das Flugzeug verwendbar; eine umfassende, methodische Erforschung der *Luftelektrizität* und der *Sonnenstrahlung* in der freien Atmosphäre bis in große Höhen hinauf liegt nun im Bereiche der Möglichkeit. Wie sehr ein systematischer Betrieb regelmäßiger Registrieraufstiege diese Gebiete fördern wird, ist jedem klar, der den stich-

probenartigen Charakter aller bisherigen Forschungen dieser Art in der freien Atmosphäre kennt.

Das erstrebte Ziel ist zunächst die Ausbildung einwandfreier Registriermethoden zur Untersuchung des meteorologischen, elektrischen und Strahlungszustands der freien Atmosphäre mit dem Flugzeuge, und sodann die Durchführung eines regelmäßigen Betriebes von terminmäßigen Flugzeugaufstiegen an mehreren Orten, derart, daß eine synoptische Darstellung des Zustandes der Atmosphäre über einem größeren Gebiete bis zu großer Höhe möglich wird.

2. (Praktischer Wert.) Die Durchführung dieses Planes hat neben dem wissenschaftlichen Wert auch große *praktische Bedeutung*, was kurz besprochen werden soll, da es für das Gelingen des Unternehmens notwendig sein wird, daß Behörden, Industrie und Verkehrswesen von dem Nutzen der Sache überzeugt sind. Auf die vielseitige militärische Bedeutung will ich nicht besonders eingehen.

An erster Stelle ist die Erhöhung der Sicherheit zu nennen, die durch eine intensivere tägliche Untersuchung des Zustandes der Atmosphäre für die *Wettervorhersage* entsteht; und leider ist ja die wissenschaftliche Wetterkunde und der praktische Wetterdienst noch nicht so weit, um ein neues Hilfsmittel für die prognostische Tätigkeit nicht freudig zu begrüßen.

Ferner ist die *Fliegerei* selbst im hohen Grade an jeder Förderung der Kenntnis des Luftmeeres, des Elements, von dem sie so sehr abhängt, interessiert. Die zahlreichen Gesichtspunkte, die dabei zu nennen wären, sind hinreichend bekannt, so daß sie hier nicht näher behandelt zu werden brauchen.

Eine wichtige Sache, die auch hierher gehört, und auf die wir näher eingehen wollen, ist die *Höhenbestimmung des Flugzeuges*. Man ist sich anscheinend im allgemeinen nicht darüber klar, daß zurzeit bei sorgfältigster Ausführung mit guten, geprüften Instrumenten die übliche Bestimmung der Höhe eines Flugzeugs mit einem Fehler von mindestens 10 % behaftet ist; meist wird der Fehler sogar bis zu 20 % und mehr betragen. Was das für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Flugzeugen, der Erfüllung von Abnahmebedingungen und der Gültigkeit von Höhenrekorden bedeutet, liegt auf der Hand. Beispielsweise sind die kürzlich gemeldeten Flugzeughöhenrekorde von 9000 bis 10 000 m günstig gerechnet nicht genauer als nur auf etwa ± 1000 m.

Der Hauptfehler bei der Höhenbestimmung

im Flugzeug hat seinen Grund in der fehlenden oder unzureichenden Berücksichtigung des Einflusses der *Temperatur*. Auch ein sogenanntes „kompensiertes“ Aneroid-Barometer, wie es wohl bei jedem guten Höhenschreiber verwendet wird, bedarf für genaue Messungen in verschiedenen Höhen einer Korrektur des Einflusses, den die Temperatur auf die Druckangaben des Aneroids ausübt, da der Temperaturfehler nur für einen bestimmten und keineswegs für alle beim Fluge erreichten Luftdruckwerte kompensiert sein kann. Wird diese Korrektur nicht angebracht, so ist mit Luftdruckfehlern zu rechnen, denen in 6 km Höhe ein Höhenfehler von etwa 3%, in 9 km Höhe von etwa 6% entspricht.

Da zur Ermittlung der Höhe aus dem Luftdruck die Kenntnis der *Mitteltemperatur* der betreffenden Luftsäule erforderlich ist, kommt durch die Unkenntnis dieser Temperatur ein weiterer Fehler in die Höhenbestimmung des Flugzeugs hinein. Günstigstenfalls wird bei der angewendeten Höhenskala des Instruments ein Durchschnittswert für die Abnahme der Temperatur mit zunehmender Höhe (etwa $0,6^\circ$ für 100 m Anstieg) zugrunde gelegt sein, so daß wenigstens der noch häufig genug durch Annahme konstanter Temperatur gemachte Fehler wegfällt. Aber selbst dann noch kann im Einzelfalle durch das Vorhandensein großer Luftschichten mit abweichenden Temperaturgradienten (Inversionen, instabile Schichten) die wirkliche Temperaturverteilung vom angenommenen Durchschnittswerte so erheblich abweichen, daß dadurch ein Höhenfehler von 5% auftritt.

Solche auf Unkenntnis der Temperaturverhältnisse beruhende Fehler lassen sich aber nur dann vermeiden, wenn man zur Höhenbestimmung auch für eine Registrierung der Temperatur sorgt, was natürlich am besten gleichzeitig mit der Luftdruckregistrierung im Flugzeuge selbst durch einen Meteorographen geschieht. Als Notbehelf wird man die Angaben einer in der Nähe befindlichen, mit Drachen, Fesselballonen und freien Registrierballonen arbeitenden aerologischen Warte benutzen können, falls bei dieser zu annähernd gleicher Zeit ein Aufstieg bis zu der verlangten Höhe gelungen ist, was jedoch oberhalb 4000 m Höhe nicht häufig der Fall sein wird.

Weiterhin wird die Genauigkeit der Höhenbestimmung dadurch beeinträchtigt, daß der Höhenschreiber *nicht störungsfrei* im Flugzeuge angebracht ist. Durch Verbreiterung der aufgezeichneten Kurve infolge von Erschütterungen sowie dadurch, daß der Luftdruck an der Meßstelle durch Stau- oder Saugwirkungen beim Vorbeiströmen der Luft verändert wird, können Fehler von mehreren Prozenten entstehen.

Erst mit der Verwendung eines Meteorographen im Flugzeuge und der Berücksichtigung der bei den Versuchen gewonnenen Erfahrungen ist es gelungen, den Höhenfehler auf etwa 1—2%

herabzubringen. Diese Genauigkeit, die sich noch wird steigern lassen, ist zunächst vollkommen ausreichend.

3. (Störungen.) Zur Erlangung einwandfreier Registrierungen jeder Art im Flugzeuge ist eine Anzahl von *Störungen* zu untersuchen und zu beseitigen, wobei je nach der Natur der betreffenden physikalischen Größe der eine oder der andere störende Einfluß mehr oder weniger Bedeutung hat.

Am meisten Schwierigkeiten machen bei allen Registrierungen im Flugzeuge die *Erschütterungen*, die von den Stößen des Motors und den Eigenschwingungen der Flugzeugteile sowie des Registrierinstruments herrühren und eine unliebsame Verbreiterung der Registrierkurve bewirken. Durch Untersuchung der Schwingungsperiode und Richtung dieser Erschütterungen und entsprechende Abfederung des an geeignet ausgewählter Stelle angebrachten Instruments lassen sich solche Störungen auf ein zulässiges Minimum herabsetzen, so daß die Kurven genügend fein gezeichnet sind.

Außerdem treten Störungen durch den *Winddruck* auf. Bei der hohen Relativgeschwindigkeit gegen die umgebende Luft von rund 30 m/sec entstehen am Flugzeug merkliche Stau- und Saugwirkungen, die sowohl die Luftdruckangaben durch Veränderung des statischen Druckes an der Meßstelle fälschen, wie auch andere Registrierungen durch vorübergehende Verbiegung von Instrumententeilen (z. B. eines Bimetallthermometers oder eines elektrischen Kondensators) stören können. Man vermeidet solche Winddruckstörungen, indem man für die Anbringung des Aneroids eine Stelle mit ungestörtem statischem Druck aussucht und den Instrumenten zur Richtung des Luftstromes eine zweckmäßige Lage gibt.

Ferner hat man für die Anbringung des Instruments einen Ort zu wählen, wo weder die thermisch, elektrisch und chemisch störenden *Abgase des Motors* noch der *Propellerwind* stören. Beide Wirkungen sind räumlich scharf begrenzt, so daß man bei allen Flugzeugtypen im äußeren Zwischenraum der Tragflächen oder auch unterhalb des Flugzeugrumpfes störungsfreie Meßstellen finden wird.

Andersartige Fehler von erheblicher Größe können bei physikalischen Messungen im Flugzeuge durch *Trägheitswirkungen* auftreten, nämlich bei ungleichförmiger Horizontal- oder Vertikalbewegung, auch beim Kurvenflug, besonders infolge von unstetigem Fliegen. Sie sind zu vermeiden, indem man den ganzen Aufstieg danach einrichtet oder wenigstens für geeignete Flugstücke sorgt, die von diesen Störungen frei sind.

4. (Versuche.) Durch die bisherigen *Versuche*, die besonders von den Herren Dr. Brückmann, Dr. Kähler, Wienecke und Heß mit weitgehender Selbständigkeit unter meiner Leitung

gefördert wurden, sind die Störungsfragen im wesentlichen geklärt und die Fehlereinflüsse in der angedeuteten Weise beseitigt worden. Es bleibt jedoch noch Manches in dieser Hinsicht zu tun.

Weiterhin haben meine zurzeit noch nicht abgeschlossenen Versuche die Ausbildung geeigneter, dem Flugzeuge angepaßter Meßmethoden zum Gegenstand, nämlich eines neuen Meteorographentyps auf Grund der bisherigen Erfahrungen und der Methoden für die luftelektrischen und Strahlungsregistrierungen.

Aus den Fig. 1 und 2 sind verschiedene Arten der Aufhängung eines Meteorographen im Flugzeug zu ersehen. Das Instrument hängt, von



Fig. 1. Aufhängung eines Drachen-Meteorographen an zwei V-Stielen mit Fangdrähten, nach Wienecke.

den Motorabgasen und dem Propellerwind unbehelligt, an den äußeren Stielen von Doppeldeckern frei zwischen den Tragflächen, und zwar hinsichtlich des statischen Luftdruckes am ungestörtesten in Zweidrittelhöhe des Tragflächenzwischenraums (Fig. 1). In dieser Höhe befindet sich nach früheren Modellversuchen und nach neuen Messungen im Flugzeug während des Fluges (Brückmann) eine Zone ungestörten Druckes, während nahe über und unter den Tragflächen Unterdrucke bzw. Überdrucke auftreten.

Die Aufhängung des Instruments an zwei Stielen ist stabiler als nur an einem Stiele. Die Störungen durch Erschütterungen sind geringer, wenn das Instrument an je zwei Punkten des vorderen und hinteren Stiels zugleich befestigt wird (Fig. 1, Wienecke, Kähler), als bei Anbringung allein an zwei Punkten des vorderen

Stiels (Fig. 2). Jedoch hat diese letztere Befestigungsart den sehr schätzenswerten Vorteil, daß man das Gerät schneller an- und abmontieren und bei Verwendung eines geeigneten Universalrahmens (Brückmann, Heß) jedem Flugzeugtyp mit den verschiedenartigen Profilen und Neigungen der Stiele sofort anpassen kann. Will man also auf einem Flugplatz verschiedene Flugzeugtypen benutzen, so wird man diese Befestigungsart mit Universalrahmen wählen. Wenn dagegen für die wissenschaftlichen Flüge dauernd und ausschließlich ein und dasselbe Flugzeug zur Verfügung steht, so empfiehlt sich mehr die Befestigung an zwei Stielen.



Fig. 2. Aufhängung eines Flugzeug-Meteorographen im Universal-Rahmen an einem Parallelstiel, nach Heß.

Der eiserne Rahmen, in den der Meteorograph eingeschnallt oder geschraubt wird, braucht bei Befestigung an zwei Stielen nicht so stabil und schwer zu sein wie der Universalrahmen. Zur Befestigung des Rahmens an den Stielen dienen eiserne Schellen oder behelfsmäßig auch Bindedraht.

Die Abfederung des Rahmens oder des Instruments im Rahmen geschieht durch kräftige, sehr straff gespannte Stahlspiralen oder auch Gummizüge. Die Federn sind in der Richtung der hauptsächlich vorkommenden Erschütterungen angebracht, um diese abzufangen. Die Angriffspunkte der Federn am Rahmen oder am Instrument sind so gewählt, daß Eigenschwingungen des Meteorographen möglichst vermieden werden. Zur Verhinderung dennoch auftretender größerer Schwingungsamplituden des Instru-

ments, wie sie durch Resonanz und infolge der für den Luftwiderstand noch ungünstigen äußeren Form des Meteorographen zustande kommen können, hat sich bei der Dauerbefestigung an zwei Stielen die Anbringung von „Fangdrähten“ (Fig. 1) neben den Federn bewährt (Wienecke).



Fig. 3. Flugzeug-Meteorograph.

Mit einem brauchbaren Meteorographen von günstiger Widerstandsform wird sich auch meine Absicht ausführen lassen, - das Instrument wie den Spähkorb eines Luftschiffes einige Meter unterhalb des Flugzeugumpfes in meteorologisch ungestörtem Gebiet an einem Draht mit zwischen-geschalteter Feder aufzuhängen. Auf diese Weise wird die Beseitigung sämtlicher Störungen viel einfacher sein. In ähnlicher Weise läßt man auch die Antenne einer Funkstation im Flugzeug nach unten frei hinaus; und ebenso ist zur Messung des luftelektrischen Spannungsgefälles ein Kollektor unter dem Flugzeug freihängend anzubringen. Bei derartigen Aufhängungen ist dann noch ein Mechanismus zu bequemem Auslassen und Einholen durch den Flugzeugführer erforderlich.

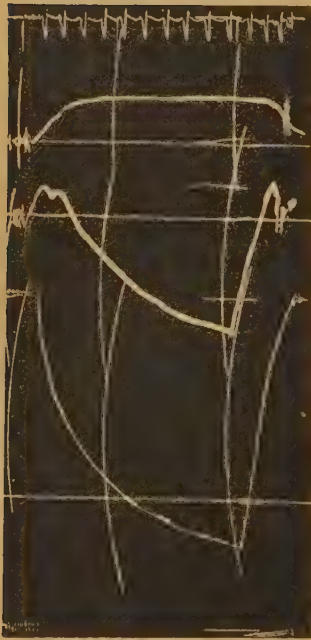


Fig. 4. Meteorogramm eines Fluges.

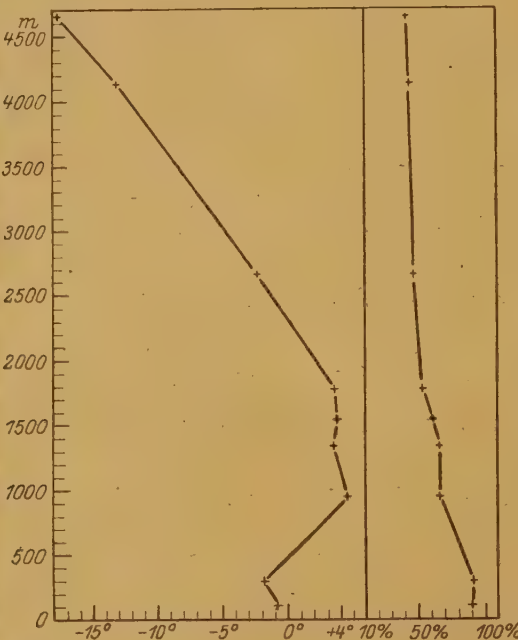


Fig. 5. Zustandskurven zum Meteorogramm der Fig. 4.



Fig. 6. Schema eines Flugzeugapparats zur Registrierung der Ionisation.

Die Figuren 2 und 3 zeigen das erste Versuchsmodell eines *Flugzeug-Meteorographen*, bei dessen Konstruktion durch den Luftschiffbau Zeppelin, Friedrichshafen, einige gewonnene Erfahrungen verwertet wurden (Heß). Das Instrument bedarf aber auf Grund der gesamten bis jetzt vorliegenden Erfahrungen noch wesentlicher Änderungen, ehe es die bisher auch im Flugzeug bewährten Drachen-Meteorographen von Bosch und Bunge (Marvin) zu ersetzen imstande sein wird. Seine wesentlichsten Vorzüge sind die in allen Teilen stabilere Bauart und die windschnittige Form (Tropfenprofil), durch die ein geringerer Luftwiderstand und eine ruhigere Lage im Winde erreicht wird.

Das Originalmeteorogramm eines Flugzeugaufstieges bis 4650 m Höhe zeigt Fig. 4. Es wurde ein Drachenmeteorograph von Bosch mit Rußregistrierung benutzt; Tintenaufzeichnung ist wegen Verschmierens weniger geeignet. Bei guter Aufhängung erzielt man eine Breite der Kurve von weniger als $\frac{1}{2}$ mm. Das Anemometer wird nicht zur Messung des vollen Fahrtwindes, sondern zur Kontrolle der Ventilation benutzt, da man den Luftstrom durch ein vorgesetztes, siebartiges Blech oder eine wegen des Luftwiderstandes zweckmäßig gerundete Blechhaube auf etwa 8–10 m/sec reduziert, wobei auf Vermeidung von Luftdruckfälschungen, die durch Saugwirkungen im Instrument entstehen, zu achten

ist. In der Reihenfolge von unten nach oben stellen die Kurven des Meteorogramms der Fig. 4 Luftdruck, Temperatur, relative Feuchtigkeit und Ventilationsstärke dar. In Fig. 5 sind die ausgewerteten Ergebnisse dieses Aufstiegs als Zustandskurven der Temperatur und relativen Feuchtigkeit dargestellt. Die zwei Inversionen sind im Meteorogramm sofort gut zu sehen.

Für die Registrierung der *luftelektrischen Elemente* liegen die Verhältnisse im Flugzeuge in mancher Hinsicht recht günstig, wenn man gegen Erschütterungen unempfindliche elektrische Meßinstrumente verwendet und durch deren passende Anbringung für hinreichende Feinheit der Registrierkurven sorgt. Gut geeignet ist das *Wulfsche Zweifaden-Elektrometer*, dessen Fäden im Flugzeug nur wenig vibrieren und mit *photographischer Registrierung* brauchbare Kurven ergeben. Das gleiche ist vom *Saitengalvanometer* zu erwarten. Diese Instrumente werden, abgesehen von der Federung ähnlich wie beim Meteorographen, in Luftkissen oder massiven Gummipolstern gelagert und können, außer zwischen den Tragflächen, auch im Flugzeugrumpf angebracht werden.

Zur Messung der *Ionisation* wird ein Röhrenkondensator mit Anemometer zwischen den Tragflächen angebracht, so daß der Fahrtwind ihn durchstreicht. Man kann nun entweder nach dem Prinzip des *Ebertschen Ionenzählers* verfahren und das *Wulf-Elektrometer* verwenden, mit einer automatischen Vorrichtung zum Aufladen und Umladen in gewissen Zeiträumen. Oder man mißt mit dem *Saitengalvanometer* die Stärke des Sättigungsstromes im Kondensator und erhält so Momentanwerte der Gesamtionisation, unabhängig vom Vorzeichen der Ionen. Eine schematische Skizze dieser neuen Methode zeigt Fig. 6; links der wabenartig gebaute Röhrenkondensator mit dem Kontaktanemometer, rechts oben die Hochspannungsbatterie und darunter das Saitengalvanometer. Die starke, im Flugzeug zur Verfügung stehende Aspiration ermöglicht meßbare Stromstärken, wenn der Kondensator passende Abmessungen, besonders genügend großen Querschnitt besitzt.

Das *luftelektrische Spannungsgefälle* wird im Flugzeug zweckmäßig relativ, ähnlich wie im Freiballon (*Everling*), gemessen, indem man einen kräftigen Radiumkollektor in den ungestörten Raum unterhalb des Flugzeugs hinabläßt. Als zweiter Kollektor und zugleich zum Ausgleich des Flugzeugs im elektrischen Felde der Atmosphäre kann der Flugzeugmotor dienen, der infolge der großen Leitfähigkeit seiner Verbrennungsgase als vorzüglicher elektrostatischer Ausgleicher wirkt, wobei aber eine eventuelle Selbstladung des Motors zu vermeiden ist. Die Registrierung der Potentialdifferenz geschieht photographisch mit dem *Wulf-Elektrometer*. Der Reduktionsfaktor auf

Absolutwerte des Spannungsgefälles wird durch Modellversuche in einem künstlichen elektrostatischen Felde ermittelt.

Eine Registrierung des Höhenverlaufs der *durchdringenden Strahlung* ist im Flugzeug leicht auszuführen, etwa indem man einen *Wulf-Kolhörsterschen* Apparat mit photographischer Registrierung versieht und erschütterungsfrei aufhängt.

Zur Aufzeichnung der Gesamtenergie der *Sonnenstrahlung* bei Flugzeugaufstiegen wird sich eine thermometrische Relativmethode (etwa nach *Michelson-Marten*) eignen. Für begrenzte Spektralgebiete (z. B. ultraviolett) kommt ein *lichtelektrisches* Verfahren mit dem *Wulf-Elektrometer* in Betracht. Photographische Registrierung ist bei allen Methoden zu verwenden, und ferner muß durch eine geeignete Vorrichtung der strahlungsempfindliche Teil des Meßgeräts so angeordnet sein, daß seine Bestrahlung unabhängig vom Sonnenstande erfolgt.

Die Zahl aerophysikalischer Flugzeugprobleme ist mit diesen Untersuchungen keineswegs erschöpft. Es ließen sich noch zahlreiche andere physikalische Aufgaben nennen, an deren Lösung das Flugzeug gemeinsam mit anderen Luftfahrzeugen mitwirken kann. Erwähnt sei nur ein Gebiet, auf dem wir den Fliegern bereits eine Förderung unserer Kenntnisse verdanken, nämlich die *Wolkenkunde*. Neben der Beobachtung der *Luftbewegungen* in den Wolken wie auch im wolkenfreien Raum (*K. Wegener*), wozu das Verhalten des Flugzeugs unmittelbar Anlaß gibt, ist es besonders die *Wolkenphotographie* vom Flugzeug aus, die in der letzten Zeit interessante Aufschlüsse wie auch genußreiche neue Eindrücke aus diesem reizvollen Gebiete gebracht hat.

Einiges über unsere Torfmoore.

Von Asmus Jabs, Zürich.

Es ist vielleicht jetzt der Zeitpunkt gekommen, einen Rückblick auf unsere Bestrebungen zu werfen, die dahin zielten, aus unseren Torfmooren den größtmöglichen Nutzen zu ziehen; gleichzeitig werden wir prüfen müssen, ob wir heute infolge der eingetretenen Ereignisse unsere früheren Anschauungen über die beste Lösung der sog. Torfrage zu modifizieren haben, oder ob wir in der Lage sind, auf dem eingeschlagenen Wege weiterzuschreiten, um zu dem gesteckten Ziele zu gelangen.

Daß die Voraussetzungen, von denen man vor dem Weltkriege ausging, sich heute und nach Eintritt normaler Verhältnisse nach dem Friedensschluß nicht mehr die gleichen sind, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung. Es sei nur daran erinnert, daß wir einer Zukunft entgegen gehen, die uns anspornen muß, intensiv industriell

tätig zu sein, um uns auf dem Weltmarkt im friedlichen Wettbewerb den früher eingenommenen Platz wieder zu erobern, soweit dies noch möglich ist, und daß wir nicht in der Lage sein werden, mit billigen Löhnen rechnen zu können. Wenn auch unsere Konkurrenten mit Ausnahme der nicht vom Krieg direkt oder indirekt mitgenommenen, ebenfalls wie wir mit ähnlichen hohen Löhnen und Unkosten zu rechnen haben werden, so ist doch die Frage sehr naheliegend, ob nicht viele Produkte, in deren Gestehtungspreis ein großer Posten Löhne enthalten ist, zu teuer werden, um konkurrieren zu können.

Die Folge wird sein, daß gesucht werden muß, alle Verfahren und Gewinnungsmethoden so zu modifizieren, daß die menschliche mechanische Arbeit auf ein Minimum reduziert wird; es fehlen uns die Hände, um die alten Arbeitsmethoden der Periode vor dem Kriege in allen Punkten unverändert beizubehalten. Das gilt auch für die uns beschäftigende Torfrage, in erster Linie für die Torfgewinnung.

Wie der Krieg neue Industrien hat entstehen lassen, um den Notwendigkeiten der Erhaltung des Volkes zu dienen, so sind auch im neutralen Auslande, durch die Verhältnisse gezwungen, Industrien entstanden und ausgebaut, an deren Existenzfähigkeit vor dem Krieg nicht gedacht werden konnte. Diese Industrien werden auch nach dem Kriege weiter bestehen und die Absatzmöglichkeiten für die deutschen Produkte weiter einengen, so daß die Frage auch nach dieser Richtung hin eine viel schwierigere sein wird, als vor dem Kriege.

In den letzten 4 Jahren hat infolge der schwierigen Kohlenbeschaffung für das neutrale Ausland dort eine intensive Ausnützung der Torfmoore stattgefunden. Man ist z. B. in der Schweiz soweit gegangen, daß man alle nur einigermaßen brauchbaren Moore zur Torfgewinnung heranzog und diese intensiv ausbeutete. Die übergroße Mehrzahl dieser Moore ist natürlich zu klein, um in normalen Zeiten volkswirtschaftlich nützlich ausgebeutet zu werden, die Mehrzahl wird in 3—4 Jahren, sollte der Abbau in bisherigem Maße betrieben werden, als ausgebeutet dahin fallen. Ob die 3—4 großen Moore der Schweiz auch in Friedenszeiten abgebaut und weiter benutzt werden, wird von der weiteren Preisentwicklung und der Kohlenversorgung des Landes aus den Kohlen fördernden Bezirken des Auslandes abhängen.

Was nun die Fortschritte anbetrifft, welche in der Ausnutzung unserer Moore in den letzten Jahren gemacht wurden, so ist bei der Prüfung wohl zu unterscheiden zwischen der Benutzung zu landwirtschaftlichen Zwecken und der Ausbeutung der Moore für die Torfgewinnung und industrielle Verwertung für Kraftzwecke mit oder ohne Gewinnung der Nebenprodukte. Der Krieg hat uns schon im Herbst 1914 gezwungen, das Hauptaugenmerk auf die landwirtschaftliche

Nutzung der vorhandenen Moorflächen und Ödländereien zu richten. Dank der theoretischen und praktischen Vorarbeiten durch die Moor- und landwirtschaftlichen Vereine waren die Grundlagen festgelegt, nach welchen die Hochmoore sowohl als auch die Niedermoores am besten ausgenutzt werden könnten, so daß schon im Jahre 1914 die intensivste Arbeit mit der Entwässerung und Vorbereitung der Moore für den Anbau von Getreide und für Anlage von Weiden und Wiesen für die Viehzucht begonnen werden konnte. Diese Arbeiten konnten mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Gefangenen in großzügigster Weise eingeleitet werden, nachdem die Interessenten sich unter Beitrags- und Darlehnsleistung des Staates zu Bodenverbesserungs- und Entwässerungs-Genossenschaften zusammengeschlossen hatten.

In der Provinz Hannover wurden z. B. auf diese Weise 28 000 ha Ödland in Angriff genommen, in Schleswig-Holstein rund 20 000 ha. Verschiedene Ursachen wirkten zusammen, daß die Arbeiten nicht so schnell fortschreiten konnten, als erhofft war; neben dem Zeitverlust, der bei der Bildung der Genossenschaften eingehalten werden mußte, trat doch im Laufe der Zeit ein gewisser Arbeitermangel ein, und stellenweise fehlte es an Saatgut oder auch an der nötigen Menge der künstlichen Düngemittel.

Diese Umstände wirkten zusammen so verzögernd, daß z. B. in der Provinz Hannover bis Ende 1915 nur 10 % der in Angriff genommenen Fläche, in Schleswig-Holstein 8000 ha bestellt resp. bestellungsfähig hergerichtet werden konnten.

Auf den so hergerichteten Flächen gediehen unsere Getreidearten sehr gut, auch der Gemüsebau hatte vollen Erfolg, so daß bei Weiterführung der begonnenen Arbeiten im Interesse aller ein sicherer Erfolg in Aussicht stehen dürfte. Was speziell den Gemüsebau anbelangt, so wird man, um diese Produkte der Volksernährung ohne Verluste zuzuführen, das Verfahren, durch Trocknung desselben ein haltbares Produkt zu erzielen, weiter ausbauen müssen, um uns vom Bezug aus fremden Ländern unabhängig zu machen. Wir sind gezwungen, zu einer einfacheren Lebensweise zurückzukehren und unseren Import von Frühgemüsen im besonderen und von Gemüsen überhaupt auf das Allernotwendigste zu beschränken. Diejenigen Summen, welche für diese Produkte und auch für Blumen usw. ins Ausland gingen, gebrauchen wir für unsere eigene Volkswirtschaft notwendig. Das Trocknen von Gemüsen und anderen Früchten bietet keine Schwierigkeiten, es hat bei Temperaturen zu geschehen, welche 100 ° Celsius nicht übersteigen, um eine Zersetzung der organischen Substanz zu vermeiden. Aus 100 kg frischen Gemüsen sind durch Verdunstung, je nach der Gemüseart, 75—85 kg Wasser zu entfernen, das entspricht einem Kohlenaufwand von 15—20 kg.

Gerade der Gemüsebau mit anschließender Trocknung wird dem Gartenbesitzer und dem kleineren Landwirt ermöglichen, aus seiner Arbeit den größtmöglichen Nutzen zu ziehen, wenn die Gemeindebehörden oder Genossenschaften sie unterstützen, sei es, daß das Gemüse in Gemeindezentralen getrocknet werden kann, sei es, daß für kleine elektrische Trockenapparate Strom zum Selbstkostenpreis zur Verfügung gestellt wird. Da der Stromverbrauch der elektrischen Zentrale in den Sommermonaten ein Minimum ist, so wäre eine Erhöhung des Stromverbrauches bei einem Minimalpreis sowohl im allgemeinen Interesse als auch in dem der elektrischen Werke.

Weitere Versuche haben gezeigt, daß auf den in Frage kommenden hergerichteten Moor- und Ödflächen auch der Anbau von *Hanf* ernstlich ins Auge gefaßt werden kann. Wenn auch nicht darauf zu rechnen ist, daß wir uns vom Ausland vollkommen unabhängig machen können, so spielt doch das, wenn auch relativ kleine Quantum, welches auf den bisher brachliegenden Flächen erzeugt werden kann, eine nicht unwesentliche Rolle für unsere Volkswirtschaft.

Auch der Nachweis ist erbracht worden, daß der Anbau der *Soyabohne* sehr gute Resultate ergeben kann; wegen Mangel an Samen konnten leider die Anpflanzungen nicht in dem Maße gemacht werden, wie es nötig gewesen wäre für einen im größeren Maßstab durchgeführten Versuch. Die Soyabohne wird heute aus der Mongolei eingeführt und ist neben der Kokosnuß ein wesentliches Rohmaterial für die Margarineherstellung und auch für die Seifenfabrikation, während der Preßrückstand ein sehr gutes Kraftfuttermittel für unser Vieh darstellt.

Ein reichhaltiges Versuchsmaterial ist im Laufe der Jahre, besonders in Kriegsjahren, von den wissenschaftlichen Anstalten, von den Vereinen zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reich und den Moorversuchsstationen usw. durch andauernde Arbeit zusammengetragen worden. Die landwirtschaftliche Nutzung der heute noch brachliegenden Moorflächen und Ödländer muß mit aller verfügbaren Energie auf dem eingeschlagenen Wege weiter verfolgt und ausgebaut werden. Mehr denn je sind wir auf uns selbst angewiesen, mehr denn je gilt für uns alle: „Arbeiten und nicht verzagen.“

Für die bestmögliche Ausnutzung der Moorflächen für die *Viehzucht* und landwirtschaftliche Erzeugung spielt die Beschaffung der nötigen Düngemittel, Phosphate, Kalisalze und speziell für die Hochmoore des Ammoniaks eine wesentliche Rolle. Als Stickstoffquellen für die Herstellung von Düngemittel usw. stehen uns hauptsächlich zur Verfügung:

1. Der Stickstoff in unseren Brennstoffen: Torf, Braunkohle, Steinkohle, der bei der Destillation als Ammoniak gewonnen wird;
2. der Luftstickstoff, der entweder als Kalkstickstoff im elektrischen Ofen gebunden

oder bei der Luftverbrennung in Form von Natronsalpeter erzeugt wird.

Hier interessiert uns nur die Gewinnung des Ammoniaks als Nebenprodukt der Destillation aus Kohlen bzw. aus Torf als Nebenprodukt. Die Verwertung der Moore für industrielle Zwecke ist bis jetzt im allgemeinen wohl in erster Linie stets gescheitert an den hohen Selbstkosten der Torfgewinnung. Da diese nur für 3, höchstens 4 Monate im Jahre stattfinden kann, gerade zur Zeit, wo die Landwirtschaft Arbeitskräfte benötigt, so ist voranzusehen, daß diese ungünstigen Verhältnisse in Zukunft noch schwerer ins Gewicht fallen werden, als es vor dem Kriege schon der Fall war. Alle Verbesserungen haben aus diesem Grunde dahin zu zielen, die menschliche mechanische Arbeit auf ein Minimum zu reduzieren. Ein großer Fortschritt wäre erzielt, wenn erreicht werden könnte, die *Torfgewinnung* auf das ganze Jahr auszudehnen. In dieser Zeitschrift habe ich wiederholt darauf hingewiesen, daß dies meines Erachtens durch weiteren Ausbau des Eckenbergschen Verfahrens möglich sei. Die Gründe, welche bei diesem prinzipiell guten Verfahren bis heute einen Erfolg nicht herbeiführten, sind in unrichtiger Durchführung des Erfindergedankens zu suchen. Es wäre wünschenswert, wenn kompetente Industrielle diese Idee einer erneuten gründlichen Prüfung unterziehen würden. Die Tatsache, die Torfgewinnungsperiode von 3—4 Monaten auf das ganze Jahr hindurch ausdehnen zu können, würde eine sehr wesentliche Verbilligung der Selbstkosten zur Folge haben und die Schwierigkeiten der Beschaffung von Saisonarbeitern würde dahinfallen.

In den letzten Jahren ist man mit Erfolg bemüht gewesen, bei der jetzigen Gewinnungsmethode die Arbeitslöhne zu reduzieren. Die neueren Baggermaschinen, z. B. die von *Wieland, Streng, Baumann*, legen die geformten Torfsoden automatisch auf dem Trockenfelde ab, so daß eine nicht unwesentliche Ersparnis an Handarbeit für das Abnehmen von der Presse, den Transport und das Auslegen auf dem Trockenfeld erzielt wird. Die Abhängigkeit vom Wetter für das Trocknen des Torfes bleibt natürlich bestehen.

Von den Torfgewinnungsmethoden, welche aus dem Torfschlamm mit ca. 90 % Wassergehalt diesen in kürzester Zeit reduzieren, also die Trocknung vom Wetter unabhängiger machen wollen, mögen nur zwei Verfahren als Beispiele erwähnt werden.

In erster Linie ist es das elektrolytische Verfahren von Graf *Schwerin*, das Osmoseverfahren, welches seinerzeit große Hoffnungen erweckte. Durch den elektrischen Strom sollte das von der Torfmasse festgehaltene Wasser von der Anode zur Kathode transportiert und hier abgeführt werden. Diese Wasserabscheidung gelingt im gewünschten Maße tadelloso, solange man es mit sozusagen chemisch reiner Torfmasse zu tun hat.

Enthält dagegen der Torfschlamm, wie es fast stets der Fall ist, Salze, welche gute Leiter für den elektrischen Strom sind, so wird das zur Abscheidung des Wassers nötige Potentialgefälle nur unter Anwendung einer sehr großen Elektrizitätsmenge zu erreichen sein. Die Kosten für den elektrischen Strom stehen dann in keinem Verhältnis mehr zu der aus dem Torfe abzuscheidenden Wassermenge. Dies dürfte der Grund sein, daß das erwähnte Verfahren mit einem Mißerfolg endete.

Ein zweites Verfahren für die Torfgewinnung, das sogenannte Naßpreßverfahren, dürfte aus dem Versuchsstadium noch nicht herausgekommen sein, und es ist noch verfrüht, heute über seinen Wert ein definitives Urteil abzugeben. Versuche haben gezeigt, daß, wenn Torfschlamm mit einer gewissen Menge trockenen Torfstaub, Koks klein usw. gemischt und dann einer Pressung unterzogen wird, sich eine sehr bedeutende Menge Wasser aus dem Schlamm auspressen läßt. Das hier angedeutete Verfahren wird von der Naßpreßgesellschaft ausgebeutet. Nach den Angaben dieser Gesellschaft sind der im Torfschlamm enthaltenen Torfsubstanz ungefähr gleiche Teile Torf beizufügen. Nimmt man nun an, daß der Rohrtorf aus 90 % Wasser und 10 % Torfsubstanz besteht, enthält also 1 t Torfschlamm 100 kg Torfsubstanz, so wären diesem Quantum 50 kg Torfstaub oder Trockentorf zuzufügen, um die Masse für die Auspressung geeignet zu machen. Das aus der ersten Pressung gewonnene Produkt wird nochmals zerrissen und einer zweiten Pressung unterworfen, und es soll sich ein Torf mit 60 % Wassergehalt ergeben.

In der Praxis wird nun in der Weise gearbeitet, daß an Stelle von trockenem Torfstaub, dessen Beschaffung wohl Schwierigkeiten bereiten dürfte, von dem fertigen Produkt mit ca. 60 % Feuchtigkeit eine entsprechende Menge in den Prozeß als Beimischung zum Torfschlamm zurückkehrt. Es bleibt also für die Gewinnung des Torfes ein weites Feld für Verbesserungen offen.

Für die Verwertung des Torfes kommt seine Verwendung als Brennmaterial in Haus und industriellen Feuerungen in Frage sowie die Vergasung in Generatoren mit Gewinnung der Nebenprodukte sowie die Destillation des Torfes zur Herstellung von Torfkoks mit Gewinnung der Nebenprodukte.

Es ist klar, daß das Absatzgebiet für den Torf nur ein sehr beschränktes sein kann, das Material, welches bei 30 % Feuchtigkeit nur den halben Heizwert von Steinkohlen besitzt, verträgt einen weiten Transport nicht, heute noch weniger als vor dem Kriege, da unter allen Umständen mit einer bedeutenden Frachterhöhung für alle Transporte zu rechnen ist. Nur für den Fall wäre ein weiteres Absatzgebiet zu erhoffen, wenn die Quantität an Steinkohlen, die unserem Wirtschaftsleben zur Verfügung gestellt werden kann, eine bedeutende Verminderung erfahren würde

und man gezwungen wäre, mehr als wirtschaftlich berechtigt, auf den Torf zurückzugreifen. Im allgemeinen wird die Verwendung des Torfes, sei es für elektrische Zentralen oder andere Industrien, in der Nähe seines Erzeugungsortes stattzufinden haben. Mehr denn je sollte unter den gegenwärtigen Verhältnissen dahin gearbeitet werden, daß der Torf in großen industriellen Anlagen nicht direkt unter Dampfkesseln verfeuert, sondern daß in Generatoren vergast wird und die wertvollen Nebenprodukte, wie Ammoniak, Teer, Methylalkohol, Essigsäure usw., möglichst restlos gewonnen werden. Das heutige Verfahren der direkten Verfeuerung in großen Anlagen ist eine Vergeudung wertvollen Nationaleigentums. Das sollte unter allen Umständen vermieden werden.

Es ist das Verdienst von *Ludwig Mond*, einen gangbaren Weg gezeigt zu haben, bei der Vergasung von Steinkohlen in einem Generator Ammoniak in hinreichender Menge neben Teer zu gewinnen. Die Idee von *Mond* wurde dann später von seinen Mitarbeitern, und von *Frank* und *Caro* auf die Torfgewinnung übertragen.

Wie bekannt sein dürfte, bildet sich das Ammoniak bei der Vergasung bei einer bestimmten Temperatur, welche 600 ° C wohl nicht überschreiten dürfte, weil die Zersetzung des gebildeten Ammoniaks bei höheren Temperaturen rasch steigt. Die günstigste Bildungstemperatur dürfte zwischen 4—500 ° C liegen. In einem Generator, der mit nicht backender Steinkohle betrieben ist, verlassen die Generatorgase unter normalen Betriebsverhältnissen den Apparat mit 550—650 ° C, so daß die Ammoniakbildung nur eine sehr geringe ist. *Mond* setzt nun die Temperatur im Generator sehr stark herunter, indem er der Verbrennungsluft Wasserdampf beimengt, und zwar bis zu 2 kg auf ein Kilo zu vergasender Kohle. Neben der niedrigen Temperatur, die einer Zersetzung des gebildeten Ammoniaks entgegenwirkt, wird durch die große Menge Wasserdampf im Gas der Partialdruck herabgesetzt und die Bildung von Ammoniak begünstigt. Es möge nur andeutungsweise erwähnt werden, daß auch andere Gase, z. B. Kohlensäure, die gleiche Rolle übernehmen können wie der Wasserdampf.

Mond hat gezeigt, daß nach seinem Verfahren annähernd 75 % des in der Kohle enthaltenen Stickstoffs in Form von Ammoniak gewonnen werden kann.

Eine Vergasungsanlage nach *Mond* mit Gewinnung von Ammoniak ist ein ziemlich kostspieliger Apparat, einen sehr großen Raum nimmt die Apparatur für die Wiedergewinnung der Wärme des dem Prozeß zugeführten Wasserdampfes ein. Es wird angegeben, daß das Mondsche Verfahren erst rentabel wird bei Anlagen, in denen mindestens 200 kg Kohle in der Stunde zu vergasen sind. Diese untere Grenze erscheint allgemein doch wohl zu tief angesetzt zu sein, selbst für die Verhältnisse vor dem Kriege.

Das gewonnene Generatorgas nach Abzug der

für den Eigenbetrieb selbst verbrauchten Menge enthält ca 55 % der in der Kohle ursprünglich enthaltenen Energie. Nimmt man an, daß im Teer 5 % der Kohlenenergie enthalten sind, so beträgt der Verlust an Wärmeenergie bei dem Verfahren von Mond ca. 40 % der ursprünglich in der Kohle enthaltenden Wärmeenergie.

Es kann nicht übersehen werden, daß das Mondsche Verfahren nicht unter allen Umständen einen Fortschritt in volkswirtschaftlicher Richtung bedeutet. Bei einem sehr hohen Preis des Brennmaterials und einem mäßigen Verkaufspreis für die Nebenprodukte tritt der Fall ein, daß der erhoffte Gewinn in das Gegenteil umschlägt. In jedem einzelnen Falle ist genau zu prüfen, ob ein Energieverlust von annähernd 40 % beim Mondverfahren neben den hohen Verzinsungs- und Amortisationskosten der Anlagen eine genügende Kompensation findet im Erlös aus den erzielten Nebenprodukten.

Was über das Mondsche Verfahren in bezug auf Steinkohlen gesagt, gilt im gleichen Maße auch für seine Anwendung auf die Vergasung von Torf durch Caro und Frank. Hier liegen die Verhältnisse insofern günstiger, als die Torfsubstanz 36—40 % seines Gewichtes als chemisch gebundenes Wasser enthält. Dieses wird bei einer Temperatur von annähernd 400—500 ° C. als Wasserdampf frei und wirkt in gleicher Weise wie der von Mond mit der Verbrennungsluft zugeführte Wasserdampf, wenn der Vergasungsprozeß richtig geleitet wird.

Die nach Caro-Frank bei Osnabrück errichtete größere Anlage zur Erzeugung von Kraftgas aus Torf mit Gewinnung der Nebenprodukte scheint in der ersten Betriebszeit die erhofften Resultate nicht ergeben zu haben. Ob es inzwischen gelungen ist, den Betrieb zufriedenstellend zu gestalten, ist nicht bekannt geworden, es scheint aber nicht der Fall zu sein.

Es war dem Verfahren als besonderer Vorzug angerechnet worden, daß es gestatte, Torf mit einem Feuchtigkeitsgehalt bis zu 60 % zu vergasen. Daß es möglich ist, in einem Generator Torf mit 60 % Feuchtigkeit zu verbrennen und Generatorgas zu erzeugen, ist nicht zu bezweifeln. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß in einem derartigen Betrieb die Ausnützung der Kohle eine sehr schlechte ist und daß die Ausbeute an Ammoniak eine nur ganz minimale sein wird.

Es würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit bedeutend überschreiten, wollte man in Einzelheiten eingehen, um die günstigsten Bedingungen zu erläutern, welche eingehalten werden müssen, um ein Maximum von Nebenprodukten zu erzielen bei einer möglichst großen Ausnützung der im Torf enthaltenen Energie. Der Betrieb muß so geführt werden, daß im Generator eine möglichst ausgedehnte Zone besteht mit einer Temperatur von ca. 550—350 ° C. Unter dieser Voraussetzung geschieht die Abdestillation des Teeres bei möglichst niedriger Temperatur, so daß eine Zer-

setzung seiner wertvollen niedrig siedenden Bestandteile nicht stattfindet, ebenso wird das bei der günstigsten Temperatur gebildete Ammoniak in anderen Zonen des Generators nicht wieder zersetzt. Diese Bedingungen können in einem Generator nicht herrschen, der mit einem sehr feuchten Torfmaterial beschickt wird.

Betrachtet man z. B. eine Torfsode normaler Dimensionen mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt, so wird dieses Stück beim Passieren des Generators aus seiner Oberflächenschicht seine Feuchtigkeit schnell verlieren. Die Wärmezufuhr, welche notwendig ist, um die Feuchtigkeit aus dem Innern zu verdampfen, kann nur durch Leitung von der Oberfläche aus in das Innere gelangen. Die Leitungsfähigkeit des Torfes ist nun aber eine sehr geringe, und es tritt der Fall ein, daß, wenn der Torf in die Verbrennungszone gelangt, er an der Oberfläche verbrennt, währenddem im Innern noch eine Temperatur von unter 100 ° C. herrschen mag. Das bei steigender Temperatur gebildete Ammoniak sowohl als auch der Teer müssen die Oberflächenschicht, die eine Temperatur von ca. 800 ° C. und mehr besitzt, durchbrechen, das gebildete Ammoniak wird wieder zersetzt und der Teer zum Teil zerlegt.

Diese Betrachtungen führen dazu, einen Fortschritt in der Herstellung von Kraftgas aus Torf mit Gewinnung der Nebenprodukte nur für den Fall erwarten zu können, daß man davon absteht, einen Torf mit einer größeren Feuchtigkeitsmenge zu verarbeiten. Im Gegenteil scheint mir die Grundbedingung für einen Erfolg zu sein, daß man einen möglichst trockenen Torf den Vergasungsapparaten zuführt. Wie das im Anschluß an eine Kraftzentrale mit Explosionsmotoren möglich und durchführbar ist, habe ich in dieser Zeitschrift früher auseinandergesetzt.

Der vorstehende Überblick zeigt, daß für die Verwertung unserer Torfmoore für landwirtschaftliche Nutzung alle Arbeiten und Unterlagen geschaffen sind, um auf diesem bauend, auf sicherer Grundlage weiter arbeiten und den größtmöglichen Nutzen für unser Vaterland durch intensive Arbeit schaffen zu können.

Die industrielle Verwertung unserer Moore erfordert weitere gründliche Durcharbeitung der Frage. Werden die heutigen Verhältnisse eine baldige zufriedenstellende Lösung des Torfproblems erhoffen lassen? Diese Frage zu beantworten, müssen wir der Zukunft überlassen.

Besprechungen.

Bechhold, J. H., Handlexikon der Naturwissenschaften und Medizin. 2. Auflage. Frankfurt a. M., H. Bechhold, 1919. Band I (A—K) 914 S. Preis geb. M. 29,20.

Ein Wörterbuch, das die termini technici der Naturwissenschaften kurz und bündig erklärt, und zwar in einer Sprache, die auch der Laie versteht, ist ein Buch, das den besten Erfolg verdient. Es sollte nicht nur in den Händen aller sein, die sich, sondern

auch in den Händen vieler, die *andere* belehren wollen. Jeder lernt daraus, wie leicht sich auch der gelehrtest klingende Ausdruck von seinen ärgsten Schrecknissen befreien läßt, und wie wenig die Verfasser naturwissenschaftlicher Aufsätze, die auch für andere Leser als die eigenen Fachgenossen bestimmt sind, zu tun haben, um den Lesern die Arbeit zu erleichtern. Aber die meisten Verfasser lassen dieses Bedürfnis der Leser unberücksichtigt — absichtslos, denn wer schreibt, hat im allgemeinen auch den Wunsch, verstanden zu werden. Wenigstens diejenigen Naturforscher, die für die Bearbeiter der Nachbargebiete schreiben, sollten darauf Rücksicht nehmen, aber auch sie haben als Leser in Gedanken meist doch nur die eigenen Fachgenossen vor Augen. Wie sollte es sonst möglich sein, in einem für Nicht-Botaniker bestimmten Aufsätze schon in der Überschrift von Internodientorsionen bei Pflanzen mit dekussierter Blattstellung zu sprechen, oder in einem für Nicht-Zoologen bestimmten zu schreiben, daß die Echiniden-Blastula sich noch heute wie die Vorfahrenkolonie, die Blastäa, zusammensetzen. Dieselben wenigen Worte, mit denen das Lexikon die Erklärung gibt, würden als Fußnote oder in einer Klammer den Leser vollkommen belehren, ohne den Verfasser zu zwingen, auf eine ihm sonst geläufige Darstellungsform zu verzichten.

Wenn die Verfasser naturwissenschaftlicher Aufsätze diese Wünsche berücksichtigen würden, so würde das Bechholdsche Lexikon wahrscheinlich nicht existieren, oder wenigstens nicht in diesem Umfange existieren. Der Herausgeber hat aber nicht zu befürchten, daß das sobald, nicht einmal, daß es überhaupt geschehen wird, und er wird sicherlich in absehbarer Zeit die dritte Auflage herausbringen. Und gerade weil das Buch so nützlich ist, dürfte es zweckmäßig sein, einige Dinge zu erwähnen, deren Verbesserung der Herausgeber einer Erwägung unterziehen sollte.

Die vielen kleinen Bilder nehmen einen recht beträchtlichen Raum ein, sind aber zum großen Teil ganz überflüssig, weil niemand sie nötig hat, und zum ebenso großen Teile ganz überflüssig, weil sie viel zu klein sind, um deutlich genug zu sein. In einem Wörterbuch, in dem die Raumbeschränkung unerlässlich ist, wirkt die Abbildung des Farbenbechers, d. h. eines gewöhnlichen Becherglases, oder die Abbildung einer Wildkatze oder der Käfer und der Schmetterlinge oder einer Heuschrecke und der vielen Vögel — der zu kleinen und unverständlichen Abbildung physikalischer Apparate nicht zu denken — als Raumverschwendung.

Einer ganz besonderen Nachprüfung bedürfen ferner die biographischen Angaben. Es geht nicht an, in einem im Jahre 1919 erscheinenden Buche Paul Ehrlich „jetzt Direktor des Königlichen Instituts für experimentelle Therapie“ zu nennen. Die Angabe des Todestages fehlt bei sehr vielen Namen, und Behring befindet sich dem Lexikon nach noch ebenso unter den Lebenden wie der im Jahre 1803 geborene Dove. Unerkennbar ist, nach welchen Grundsätzen der Herausgeber bei der Aufnahme biographischer Angaben verfahren ist. Daß Arrhenius verzeichnet ist, ist nur zu billigen, aber warum fehlen z. B. Einstein, Gullstrand, Haber und so viele andere, die den gleichen Anspruch darauf haben? Göppert, der Breslauer Botaniker, ist vorhanden, aber Ferdinand Cohn, der eine über die ganze Welt reichende Bedeutung hat, fehlt. Daß Helmholtz lediglich mit dem Geburts- und dem Todestage aufgeführt ist, ohne die geringste An-

gabe seines Wirkens, ist völlig unverständlich. Zum mindesten der Augenspiegel hätte erwähnt werden müssen, das Handbuch der physiologischen Optik und die Lehre von den Tonempfindungen. Ob der unmittelbar vor Helmholtz stehende Geologe Helmersen so wichtig ist, daß er einen viel größeren Raum zugesprochen bekommt, darüber entscheidet der Geologe, aber daß Helmholtz einen ebenso großen Raum beanspruchen kann wie Huygens, ist kaum zweifelhaft. Und wenn Joule „der experimentelle Gründer der mechanischen Wärmetheorie“ genannt wird, so hätte man doch auch Helmholtz' Verdienste um das Gesetz von der Erhaltung der Energie erwähnen müssen. Auch Abegg statt Abegg gleich auf der ersten Seite macht keinen guten Eindruck und ebensowenig auf derselben Seite eine so oberflächliche und nur halb wahre Belehrung, daß Abbe bedeutend ist „durch die Herstellung neuer optischer Gläser, mikroskopischer und astronomischer Linsen und photographischer Objektive“. Die historischen Angaben fordern noch eine lange Reihe von Einwendungen heraus, z. B. Fraunhofer fehlt ganz, aber die Frauen(!)hoferschen Linien sind vertreten. Amici, der eigentliche Begründer der modernen Mikroskopoptik fehlt, auch Corti fehlt, aber das von ihm entdeckte Organ findet sich als — *horribile scriptum* — Kortisches Organ. Die neue Orthographie feiert ja manche Orgien, aber daß sie den Italiener Corti mit einem K beschenkt, ist ein deutsch-tümelnder Unfug. Was würde man wohl zu einem englischen Lexikon sagen, das *Inestine* statt *Einstein* schriebe!

Aber diese und ähnliche Ausstellungen sind natürlich von untergeordneter Bedeutung, schon deswegen, weil das Wörterbuch nicht die geringste Einbuße erleiden würde, wenn es von biographischen Mitteilungen ganz absähe, um den dadurch ersparten Raum anders zu verwenden.

A. Berliner, Berlin.

Heim, Albert, *Geologie der Schweiz*. Bd. I. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz, 1919. 8°. 704 S. 126 Fig. und 29 Taf. Preis M. 42,—.

Mit Lieferung 6 und 7 ist der erste Band des zweibändigen Werkes abgeschlossen, enthaltend Molasseland und Juragebirge. Letzteres umfaßt 264 S., 55 Fig. und 12 Taf. und wird unter zwei Haupttiteln besprochen, der Stratigraphie einerseits, der Tektonik und Oberflächengestaltung andererseits. Von einer ausführlichen Darstellung der ganzen historischen Schichtreihe mußte abgesehen werden. Sorgfältig gearbeitete vergleichende stratigraphische Tabellen bieten dem Fachgelehrten eine kritische Übersicht der Hauptsedimente und Facies, und Kärtchen zeigen die Areale derselben. Besondere Betonung erfahren die Steinkohlenfrage der Schweiz, die Salzausbeute längs der Rheinlinie, die reichen Faciesbildungen der Jura- und Kreideformation (Rogensteine, Rauracien, Argovien), der kretazische Asphalt, das Fehlen der Kreide östlich Biel, das Tertiär, beginnend mit dem eoänen Bohnerz, reich an Säugetieren, an roten Tonen, dem Bohnerz, Taschen von Kaolin und feinem Quarzsand oder letzterem allein, zugleich Produkte eines regional bis in den Waadtländer Jura nachweisbaren, im mittleren und östlichen Gebirge besonders stark verbreiteten Karstphänomens als Analogon der heutigen Terra rossa. Darüber kommen Absätze des Oligozän und Miozän, solche der pontischen Stufe mit *Hipparion gracile*. Sehr lehrreich sind die Betrachtungen über die Tektonik und Oberflächengestaltung des schweizerischen Juragebirges, erläutert durch zahlreiche Textbilder.

Karten und Profiltafeln des Verfassers, die zusammen ein eigentliches Lehrbuch bilden. Die „tektonische Übersichtskarte des Juragebirges“ (1 : 750 000) ist eine unerreichte klare Darstellung nach Zeichnung, Natur und Wertung der Elemente, von Schaffhausen bis BelFORT—Besançon und Genf—Chambery. Ergreifend ist das Antlitz mit stauenden, gestauten und gefalteten Zügen eines von den Alpen größtenteils abgeirrten Zweiges, der als Kettengebirge auf einer Abscherungsfläche des mittleren Muschelkalkes von SE nach NW bewegt worden ist. Charakteristisch liegt der Tafeljura mit seinen zahlreichen vormiozänen Verwerfungen östlich und westlich des Rheingrabens da. In herrlichem Wellensystem, hoch in den inäeren südöstlichen, sanfter in den nordwestlichen Falten, breitet sich der Kettenjura aus und in Schuppenstruktur die Brandungszone zum Tafeljura östlich der Birs. Wie kompliziert sind die Entwicklungsreihen der einzelnen Gewölbe, der Abtrennung und des Ersatzes von Falten, Überfaltungen und Überschiebungen. Mit Hochgenuß verfolgt man die horizontalen Querbrüche durch das Gebirge, ca. 12 vom Salève-Vuache bis Paßwang mit harmonisch nördlicher oder nordwestlicher Verschiebung des Ostflügels des Blattes. Der Mechanismus ist ungeahnt komplizierter als man sich denselben gewöhnlich vorzustellen pflegt. Nicht weniger sind es die Oberflächenformen des durch reinen Kalk vielfach gepanzerten Gebirges. Alle Gewölbe entbehren der Molasse. Die Denudation ist vorwiegend jung, postarmatisch und nimmt von den inneren zu den äußeren Ketten schon deshalb zu, weil hier die marine Molasse weniger mächtig war. Ausführliche Behandlung erfahren die Erosion, die Talbildung, vorab die Clusen oder Durchbruchstäler, die antezedente Anlage der Birs, die junge, rein erosive Talbildung der Ergolz, die Umformung der Gewölbe, das Karstphänomen, insbesondere die Wasserverhältnisse mit Quellen, Thermen, womit nur einige Andeutungen über den reichen und lehrreich verarbeiteten Stoff gegeben sind. Möge uns der II. Band mit dem Lieblingsthema des Verfassers, den „Alpen“, bald beschieden sein.

J. Fröh, Zürich.

Zoologische Mitteilungen.

Der Akademiestreit zwischen Geoffroy St. Hilaire und Cuvier im Jahre 1830 und seine leitenden Gedanken. Im Jahre 1912 veröffentlichte der Utrechter Biographhistoriker *Kohlbrugge* sehr gründliche „Historisch-kritische Studien über Goethe als Naturforscher“, die damals auch in dieser Zeitschrift besprochen wurden. Im dritten Abschnitt seiner Arbeit behandelte *Kohlbrugge* Goethes Parteinahme am Kampfe in der Pariser Akademie vom Jahre 1830. Auf Grund des Aktenmaterials stellte er fest, daß der Streit zwischen *Cuvier* und *Geoffroy St. Hilaire* sich nicht um deszendenztheoretische Fragen drehte, wie im Anschluß an *Haeckel* allgemein angenommen wurde, und daß deshalb aus Goethes Anteilnahme an diesem Streit in keiner Weise Schlüsse auf die Stellung des Dichters zur Abstammungslehre gezogen werden könnten. Die Hoffnung, daß nun durch *Kohlbrugges* grundlegende Untersuchung die von Buch zu Buch übertragene Geschichtsfälschung aus der darwinistischen Literatur verschwinden würde, ging leider nicht in Erfüllung, denn in dem soeben erschienenen „Grundriß der Zoologie“ von *Otto Steche*, wo übrigens die Anschauungen Goethes ganz richtig wiedergegeben werden, lesen wir auf Seite 107: „Auch die große Disputation vor der Pa-

riser Akademie im Jahre 1830, bei der *Cuvier* den idealistischen, *Etienne Geoffroy de Saint-Hilaire* den historischen Standpunkt vertrat, endete mit einer entschiedenen Niederlage der Deszendenztheoretiker.“

Angesichts dessen ist es freudig zu begrüßen, daß kürzlich der Würzburger Anatom *Wilhelm Lubosch* von neuem die Aufmerksamkeit auf den Akademiestreit des Jahres 1830 gelenkt hat. Seine ausführliche und tiefgründige, ebenfalls auf das Aktenmaterial zurückgehende Darstellung findet sich im 38. Bande des *Biologischen Zentralblattes*, Nr. 9 und 10, und bildet eine wertvolle Ergänzung und kritische Würdigung der Arbeit *Kohlbrugges*.

Beide Forscher stimmen zunächst darin überein, daß der Akademiestreit nicht die Deszendenztheorie zum Gegenstande hatte. *Lubosch* schränkt zwar die Behauptung *Kohlbrugges*, daß prädarwinistische Gedanken in der Akademie überhaupt nicht erwähnt worden seien, dahin ein, daß *Geoffroy* am 22. März Hindeutungen auf den echten, realen Transformismus machte und *Cuvier* diesen genetischen Gedanken am 5. April entgegentrat; aber auch er betont, daß diese Fragen nur in aller Kürze gestreift wurden, daß man nicht den Eindruck gewinnt, als ob sie *Geoffroy* irgendwie als wesentlich erschienen, und daß *Goethe*, der bis in sein hohes Alter hinein vermieden hatte, das Verhältnis der Tiere zueinander realgenetisch zu erfassen, von ihnen keine Notiz nahm, seine Freude also keineswegs prädarwinistischen Gedanken, wie Variabilität oder Deszendenz, galt. Auch weist *Lubosch* darauf hin, daß *Geoffroy* am 29. März *Lamarcks* Lehren ausdrücklich ablehnte und in seiner Schrift über den Streit in einer Fußnote zum 22. Februar Anlaß nahm, ausdrücklich zu betonen, daß man sich die Ähnlichkeiten der Tiere lediglich intellektuell unter dem Bilde einer Stadt mit ihren Gebäuden, nicht aber kausal vorzustellen habe. So wenig wie ein Schloß vorher eine Hütte gewesen sei, die dann zum Haus, dann zum Herrnsitz, endlich zum Königsschloß ausgebaut wurde, so wenig seien die höheren Formen der Tierreihe aus den niederen hervorgegangen.

Darüber also, daß die Bedeutung des großen Konfliktes nicht auf deszendenztheoretischem Gebiete zu suchen ist, und daß Goethes Anteilnahme nicht prädarwinistischen Gedanken galt, herrscht zwischen den beiden Forschern, die das Aktenmaterial des Streites genau kennen, volle Übereinstimmung. Dagegen übt nun *Lubosch* ziemlich scharfe Kritik an dem Urteil, das *Kohlbrugge* im Anschluß an *Karl Ernst v. Baer* über die an dem Streite beteiligten Männer fällt. *Geoffroy* erscheint in der Beurteilung des holländischen Gelehrten als endgültig abgetaner Phantast ohne Sinn für wissenschaftliche Kritik, als leidenschaftlich aggressiver, eitler Theoretiker und Verderber aller exakten Methodik, *Goethe* aber als eitler Greis, der bedauerlicherweise in einer schwachen Stunde für den Partei ergriff, der seinen eigenen lebenslang gehegten, vermeintlich wissenschaftlichen, in Wahrheit dagegen unwissenschaftlichen, dilettantischen Bestrebungen entgegengekommen war. Demgegenüber will nun *Lubosch* durch seine Darstellung den Leser zur Beantwortung der Frage anregen, ob es möglich sei, trotz der Urteile v. Baers und *Kohlbrugges* auch weiterhin in *Geoffroy* einen unserer bedeutendsten Morphologen und die „dilettantischen“ Werke Goethes als unerreicht großartige Dokumente der vergleichenden Anatomie dankbar zu bewahren.

Um die Beantwortung dieser Frage zu ermöglichen,

gibt *Lubosch* zunächst einen kurzen Überblick über die naturphilosophische Gesamtlage um das Jahr 1830. Von den Theoretikern der damaligen Zeit sieht er vier Wege beschritten, die sich aber schließlich auf zwei Hauptrichtungen reduzieren lassen: eine idealistisch-evolutionistische und eine realistisch-epigenetische. Beide sind allerdings nicht scharf geschieden, und das Hineinragen eines echt transformistischen Elementes in die idealistisch-evolutionistische Naturerklärung verleiht den Anschauungen jener Periode etwas ganz besonders Schwankendes.

Eine entschieden realistisch-epigenetische Lehre lebte in *Erasmus Darwin* und *Lamarck*. Sie interessiert uns hier nicht, um so mehr aber die idealistisch-evolutionistische Richtung. Diese fand ihren Urgrund in dem Gedanken des einheitlichen Seins, wie er im Altertum im Eleatismus ausgebildet worden war und im Platonismus durch die Ideenlehre eine ganz einzige Fassung empfangen hatte. Eine eigentliche phylogenetische Entwicklung im epigenetischen Sinne gab es für diese Vorstellung nicht. Hier handelte es sich niemals um die Annahme einer realen Umbildung, einer Abstammung von einer „Stammform“. Was als „Ausgang“ angesehen wurde, waren die „Urformen“, die nicht wie die „Stammformen“ Personifikationen eines systematischen Begriffes waren, sondern in Wirklichkeit platonische Ideen. Die „Urform“ der Nagetiere war kein „Prorodentier“, sondern eine symbolische Form, die in sich die Charaktere aller Nagetiere vereinigen sollte; die Organisation aller Nagetiere war präformiert, und die einzelnen Nagetiere verhielten sich zu dieser Urform wie die Spezialfälle zum Gesetz. Daher ist beim Verständnis aller hierauf basierenden Erklärungen jeder Gedanke an eine reale Entwicklung auszuschalten. *Kamper* verwandelte durch Kreidestriche ein Skelett in ein anderes, ohne zu behaupten, daß eines vom anderen „abstamme“. Die damals weit verbreitete und oft bekämpfte Vorstellung, daß Wirbeltiere auf dem Rücken laufende Insekten wären, darf uns nicht zu dem Glauben veranlassen, als sei es Prinzip gewesen, die Wirbeltiere von Insekten „abstammen“ zu lassen. Diese Urformenlehre wurde als Lehre von der „Einheit des Bauplanes“ ausgesprochen. *Geoffroy* stand durchaus auf diesem idealistisch-evolutionistischen Standpunkt, und die methodische Untersuchung jener Einheit des Planes in der Praxis führte ihn zu nichts Geringerem, als zur Feststellung des Homologiebegriffes, eines Begriffes, der wie kein zweiter befruchtend auf die Entwicklung der vergleichenden Anatomie gewirkt hat, ja bis auf den heutigen Tag ihr oberstes und wichtigstes Prinzip geblieben ist. Wenn auch *Geoffroy* nur einmal das Wort „Homologie“ gebraucht, so bildet doch gerade die Entschiedenheit, mit der er seine „analogen“ Teile auf Topographie gründet, und die Unabhängigkeit, in der er sie von jeder funktionellen Gleichwertigkeit halten will, das Fundament seiner Lehre und zugleich einen äußerst wichtigen Kontroverspunkt in seinem Streit, mit *Cuvier*.

Noch früher als *Geoffroy* hat aber *Goethe* den Gedanken verkündet, daß die Annahme übereinstimmender Lagebeziehungen eines Teiles zu allen anderen Teilen ein heuristisches Prinzip allerersten Ranges für die vergleichende Anatomie bilde. Auch *Goethe* war ein Vertreter der idealistisch-evolutionistischen Richtung. Platonisch war der Hauptsache nach seine Beziehung zur Welt. Er bekennt sich zur platonischen Idee. Sein und Werden sind für ihn wie für *Plato* die

beiden Pole, um die sein Bemühen, die Phänomene zu beschreiben, schwankt. Die Gedanken über das „Sein“ bilden den Inhalt seiner Urformen- oder Typenlehre; die Gedanken über das „Werden“ enthält die Metamorphosenlehre. Beide stehen in untrennbarer Verbindung; der Typus ist ohne die Metamorphose, die Metamorphose ohne etwas Typisches, das metamorphosiert wird, nicht zu denken. Die Wissenschaft dieser Einheit von Sein und Werden nennt *Goethe* Morphologie.

Was den Typus anlangt, so ist dieser bei *Goethe* die „Idee“ des Tieres, ein „allgemeines Bild“, das der Natur von der ewigen Notwendigkeit vorgeschrieben ist. Er muß für eine ganze Klasse so festgesetzt werden, „daß er auf jedes Geschlecht und jede Gattung passe“. Nirgends offenbart sich der unüberbrückbare Gegensatz zwischen *Goethes* „Urform“ und der modernen „Stammform“ klarer. Die Stammform soll zu nichts „passen“, sondern den zeitlichen Ausgang eines Umbildungsprozesses bilden; bei der Urform kommt hinwiederum kein „Ausgang“ in Betracht, sondern jedes Geschlecht ist in ihr bereits da; die Stammform ist Glied einer epigenetisch-transformistischen Reihe, die Urform ist präformistisch-universell gedacht.

Von größter Bedeutung aber ist es nun, daß *Goethe* trotz alledem soweit Realist war, daß er seiner Typenlehre eine praktisch-anatomische Fassung gab. Er hat den metaphysischen Inhalt in ein Schema, eine Form gebracht, die es einerseits gestattet, jenen Inhalt unmittelbar sinnlich anzuschauen, andererseits aber erlaubt, ihn der empirischen Forschung dienstbar zu machen. Dies „Schema“ hat denn auch der Forschung nicht nur gedient, sondern dient ihr bis auf den heutigen Tag. Gerade in der Einfachheit, ja Einfalt dieses Schemas liegt *Goethes* ganze Größe, und daß die vergleichende Anatomie in diesem Schema die erste und wichtigste Grundlage für ihre Methodik empfangen hat, das möchte *Lubosch* als vergleichender Anatom einschränkungs- und vorbehaltlos aussprechen. *Goethes* Gedanke war aus dem eigenen Bedürfnisse erwachsen, einer planlosen Vergleichung entboden zu sein; so ordnete er die Knochen als senkrechte, die Tiere als horizontale Kolonne an und verlangte sorgfältige Durcharbeitung beider Kolonnen, um nichts zu vermissen und Verstecktes zu finden. Wie tief mußte die Überzeugung von der Einheit der Organisation in ihm sein, wenn er dies Schema geradezu zum wichtigsten Bestandteil seiner Morphologie machte! Diese Überzeugung von der Einheit der Organisation ist nirgends tiefsinniger ausgesprochen als in den Worten: „Könnte man sich nur einen Augenblick denken, daß der Tränenknochen bei einem Tier fehle, so hieße das ebensoviel als: der Stirnknochen könne sich mit dem Jochbein, das Jochbein mit dem Nasenbein verbinden und wirklich unmittelbar aneinandergrenzen, wodurch alle Begriffe von übereinstimmender Bildung aufgehoben würden.“ Hierin liegt das „Gesetz der Konnexionen und der Analogien“ *Geoffroys* ganz deutlich ausgesprochen; und es ist zu beachten, daß *Goethe* jenen Satz schon im Jahre 1790 geschrieben hat. Er also und kein anderer ist der Begründer der Homologielehre, wenn auch erst später *Owen* unter ausdrücklichem Hinweis auf ihn das Wort für sie geschaffen und ihre wissenschaftliche Durchbildung begonnen hat. Wie es möglich ist, angesichts dieser Leistung *Goethes* jede wissenschaftliche Bedeutung abzusprechen, bleibt neben vielem anderen in *Kohlbrugges* Arbeit unbegreiflich.

Mit dem Besitz des Homologiebegriffes war die Methode der vergleichenden Anatomie gewonnen. So ist es erklärlich, daß *Goethe* kraft des ihm eigentümlichen Anschauungsvermögens gerade in der vergleichenden Anatomie Großes leisten konnte. In der Begründung der vergleichend-anatomischen Methode liegt denn auch seine Hauptbeziehung zu *Geoffroy St.-Hilaire*. Denn der vergleichend-anatomischen Methode, d. h. demnach der vergleichenden Anatomie selbst als Wissenschaft ihr Recht zu erkämpfen, darum handelte es sich letzten Endes in dem Akademiestreit des Jahres 1830.

Lubosch gibt nun zur Begründung dieser Behauptung eine ausführliche Darstellung und Beurteilung des Streites. Der unmittelbare Anlaß des Konfliktes bestand darin, daß *Geoffroy* am 15. Februar 1830 die Arbeit zweier Zoologen lobend vorlegte, in der die Wirbeltiere und Tintenfische derart verglichen wurden, daß die Organisation der Tintenfische im Grunde als die der Wirbeltiere anzusehen sei, sobald man sich vorstelle, daß ein Wirbeltier über den Rücken hin zusammengefaltete würde. *Cuvier* erhob Einspruch gegen diese Vergleichung und widerlegte in der folgenden Sitzung die Arbeit der beiden von *Geoffroy* empfohlenen Forscher. Er wies nach, daß zwischen Mollusken und Wirbeltieren keine Spur eines gemeinsamen Planes bestehe. Nicht einmal innerhalb der Klassen gebe es solche Gemeinsamkeit. *Cuvier* ging bereits in dieser Sitzung auf das allgemeine Gebiet über, auf das ihm *Geoffroy* folgte. Es entspann sich dann eine eingehende Verhandlung, in der das Für und Wider der Lehren *Geoffroys* erörtert wurde. Sie zog sich bis zum 15. April hin, wo *Geoffroy* einen zusammenfassenden Bericht unter dem Titel „*Principes de philosophie zoologique*“ im Druck erscheinen ließ. Die Debatte flammte am 12. Juli wieder auf und führte dann namentlich im Oktober nochmals zu grundsätzlichen Erörterungen, die am 25. Oktober einschließen.

Cuvier glaubt seine Aufgabe als vergleichender Anatom dadurch im wesentlichen gelöst, daß er die Mannigfaltigkeit der Organisationen durch die Zweckmäßigkeit der jedesmaligen Leistung erklärt. Das einzige Gesetz der Natur sei, die Formen gemäß den Existenzbedingungen zu variieren. Es ist klar, wie ihn diese Auffassung der unverhüllten Teleologie in die Arme treiben muß. So führt er am 22. Februar aus, maßgebend für die Organisation sei die Rolle, die ein Tier in der Natur spielen müsse. Damit gelangt er zu einer völligen Verurteilung der Methode seines Gegners. Dieser habe in seinem Bestreben, neue Ähnlichkeiten zu entdecken, nur die alte aristotelische Methode erweitert, aber dadurch Unheil angerichtet. Es gebe Ähnlichkeiten nur in ganz beschränktem Maße, sie darüber hinaus feststellen zu wollen, heiße die Natur in Sklavenketten legen und alle Forschung zur Unfruchtbarkeit verdammen.

Demgegenüber verteidigte *Geoffroy* das neue, exakte Prinzip, das er bei der vergleichenden Beurteilung organischer Formen angewandt sehen wollte. Er will nicht nur da vergleichen, wo er Ähnlichkeiten, sondern auch da, wo er Verschiedenheiten findet. Er will den „*ressemblances philosophiques*“ möglichst weite Grenzen setzen, nicht wie sein Gegner möglichst enge. Vor allem soll die Vergleichung der Funktionen aufhören, das beherrschende Prinzip zu sein, namentlich im negativen Sinne, daß Dinge, die verschiedene Leistungen haben, auch ihrer morphologischen Bedeutung

nach verschieden seien. Auch verwirft *Geoffroy* die Meinung *Cuviers*, daß die Natur bei der Anpassung an die Umwelt lediglich nach vorbestimmten Zwecken schaffe. Er kennt kein Tier, das „eine Rolle spielen müsse“, sondern nur Tiere, die eine Rolle spielen können, kraft gegebener und ein für allemal vorhandener Möglichkeiten dazu.

Das wäre das Wesentliche, was über den Inhalt des Streites zu sagen ist. Fragen wir nun, wie sich der Erfolg der großen Aussprache darstellte, so behielt *Cuvier* Recht in jeder Einzelheit, denn er konnte nachweisen, daß Mollusken und Wirbeltiere nicht in so einfacher Weise aufeinander bezogen werden können, wie es sein Gegner gemeint hatte; er konnte ihm ferner gröbere Fehler im Vergleich der Zungenbeine und des Brustbeins nachweisen. *Cuvier* hatte aber in unseren Augen unrecht, da er sich nicht fähig zeigte, trotz dieser Fehler die ungeheure Tragweite des *Geoffroyschen* rein morphologischen, vom Funktionellen gänzlich absehbenden Prinzips zu erkennen. Er hatte auch darin unrecht, daß er einer teleologischen Naturerklärung zugewandt blieb und sich von einer Vergleichung nach Funktionen nicht lösen konnte.

Im letzten Abschnitt seiner Arbeit bespricht *Lubosch* die Beurteilung des Streites bei der Mit- und Nachwelt. Zweifellos die berühmteste und weitaus wichtigste Besprechung ist die, die *Goethe* in den Jahren 1830 und 1832 verfaßt hat. Kein Deutscher, und insbesondere kein deutscher Naturforscher kann diese Berichte ohne Ergriffenheit lesen. Einer der größten deutschen Naturforscher ist es auch gewesen, der das rechte Wort fand zum Preise dieses wunderbaren Testaments *Goethes*. *Rudolf Virchow* urteilte: „*Geoffroys* Streit war *Goethes* Streit. Denn der berühmte Verfasser der Philosophie anatomique hatte es übernommen, die Methode des deutschen Dichters in Frankreich zur Geltung zu bringen.“ So ist *Virchow* der erste Gelehrte, der nicht nur erkannte, sondern auch ausgesprochen hat, welches der eigentliche Kern des Streites gewesen ist. Kaum zu glauben ist es aber, daß *Kohlbrugge* in der Beurteilung der Stellung *Goethes* zu dem Ergebnis gelangt: „Seine Parteinahme hat *Goethe* also keine Ehre eingebracht.“

Neben *Goethes* Urteil fällt das *Johannes Müllers* besonders ins Gewicht. Wenn dieser auch an *Geoffroy* tadelt, daß er trotz allem Talent, Geist und Verdienste sich oft und stark geirrt habe, so hätte *Geoffroy* wohl gegen seine Kritik schwerlich etwas Wesentliches haben einwenden können, während *Cuvier* nicht in allen Stücken seinen Standpunkt darin anerkannt gesehen haben würde. Wie *Johannes Müller*, so trat schließlich noch ein anderer großer Morphologe für *Geoffroy* ein: *Richard Owen*, der erste, der den Begriff der Homologie festlegte, worin er ausdrücklich an *Geoffroy* anknüpfte. Auch in der späteren und heutigen vergleichenden Anatomie spielen *Geoffroysche* Probleme noch eine Rolle, so in der Archipterygiumtheorie, der Ableitung des Haarkleides der Säugetiere von Hautsinnesorganen der Amphibien, der Reichertschen Theorie und der Lehre von der Chondrogenese. Vor allem ist *Carl Gegenbaur* der wahre Fortsetzer der *Geoffroyschen* Methodik geworden, die er durch Erweiterung ihrer Anwendung auf die embryonalen Zustände erst zur vollen Leistungsfähigkeit gebracht hat.

Walther May, Karlsruhe.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Der geminderte Nährwert der gebräuchlichsten Nahrungsmittel und sein Einfluß auf unsere Ernährungslage. Vier Umstände beeinträchtigen teils die Ausnutzbarkeit, teils den Nährwert unserer jetzigen Nahrung: 1. Das große Überwiegen der Kohlenhydrate über die Eiweißkörper und die Fette; 2. Die Eintönigkeit der Kost; 3. Der Mangel an Reiz- und Würzstoffen; 4. Die starke Herabminderung der Gesamtbeschaffenheit unserer Nahrung infolge des Krieges und des Überhandnehmens von Verfälschungen. Man kann die durch (3) und (4) verursachte Minderung im Nährwert auf Grund der Erfahrungen bei der Nahrungsmitteluntersuchung ziemlich genau ziffernmäßig ausdrücken. Prof. Haupt hat sie unter ausschließlicher Berücksichtigung der Ernährungsverhältnisse in Ostsachsen festgestellt. Eine Übersichtstafel über die Mengen sämtlicher in den 22 Wochen vom 29. Juli bis 29. Dezember 1918 für Kopf und Woche in *Bautzen* behördlich verteilten Nahrungsmittel, für jede Woche getrennt eingetragen, ließ die wöchentlichen und täglichen Durchschnittsmengen in Gramm ermitteln. Vergleicht man die gegenwärtig für unsere Nahrungsmittel geltenden, aus der Tabelle ersichtlichen Calorienmengen mit den Zahlen der namhaftesten Forscher über den normalen Nährstoffgehalt der Friedenskost unserer ärmeren Volksgenossen, welche Zahlen sich fast sämtlich über 2500 Reincalorien bewegen, so kann man erst ermessen, wie viel dem Körper heute zur Deckung des notwendigsten Bedarfes fehlt. *In der Regel besitzt unsere jetzige Nahrung rund 1250 ausnutzbare Calorien.* Die Anschauungen über den zur Erhaltung des Lebens notwendigen Mindestbedarf an Nährstoffen haben sich während des Krieges geändert, aber überall zeigen sich deutlich Folgen der allzulangen Entbehrung.

I. Kohlenhydrathaltige Nahrungsmittel. Kartoffeln. Von den uns täglich verfügbaren 1250 Energieeinheiten kommen auf Brot und Kartoffeln 945, also mehr als %, davon auf die Kartoffeln rund 40 %. Die von Haupt gegebene Zusammenstellung zeigt, daß bei einer Wochenzuteilung von reichlich 7 Pfund Kartoffeln die täglich aus Kartoffeln verfügbaren Reinnährwerteeinheiten (ausnutzbaren Calorien) 402,3 betragen. Die Herabsetzung der Kartoffelmenge auf 5 Pfund wöchentlich bedeutete ein Herabgehen auf 276,4 Calorien täglich und auf 1127 tägliche Gesamt-Calorienmenge: *Kriegsbrot.* Das jetzige Roggenbrot kann man an Nährstoffgehalt durchaus nicht mit dem Friedensroggenbrot vergleichen, in erster Linie wegen der Beschaffenheit des Kriegsmehles. Die Ausmahlung erreicht 94 %. Viele Mühlen versuchen ein noch höher ausgemahlenes, also kleienreicherer Mehl zu erzeugen, ohne daß hiergegen nach den bestehenden Vorschriften eingeschritten werden könnte. Die groben Kleiteile reizen den Darm und schädigen dadurch die Ausnutzbarkeit des Mehles noch mehr. Die oft so ungenügende Auflockerung des Kriegsbrotbenachteiligt seine Ausnutzbarkeit noch weiter. Bis November 1918 war ein 10-prozentiger Zusatz von trockenen Kartoffelpräparaten für die Brotbereitung vorgeschrieben; auch 30 Teile frische gekochte Kartoffel auf 90 Teile Mehl waren zulässig. Nach mehrfachen Analysen ist das Brot aus hochausgemahlenem Roggenmehl (ohne Kartoffelzusatz) folgendermaßen zusammengesetzt:

	Eiweiß- stoffe	Äther- extrakt	Stärke, Dextrin, Zucker	Rohfaser	Wasser	Mineral- stoffe
Entsprechend ausnutzbare Calorien . .	4,7 % 13,6	0,6 % 5,6	45,1 % 162,3	1,4 % —	46,5 % —	1,7 % —

Der Calorienwert des Kriegsbrot ist nur 181,5 gegenüber 220 Calorien im Friedensroggenbrot, daher um 20 % kleiner. Schlecht gelockertes Brot widersteht dem Durchkauen, die Einwirkung des Ptyalins ist dann ungenügend, was die Ausnutzung verschlechtert. *Weizenbrot.* Der Weizen wird ebenfalls zu 94 % ausgemahlen. 100 g Weizenbrot enthalten höchstens 210 ausnutzbare Calorien gegenüber 253 bei feinem weißen Weizenbrot zur Friedenszeit. *Andere stärkehaltige Nahrungsmittel. Hülsenfrüchte. Suppenmehle.* Als sogen. „Suppenmehle“ wird bisweilen auch etwas Leguminosenmehl verteilt. Sie enthalten ferner gemahlene Wicken, entbitterte Lupinen, etwas Trockenhefe, fehlerhaftes Mehl, Gerstenmehl und gemahlene, getrocknete Kohlrüben. 100 g Suppenpulver dürften im Mittel 225 ausnutzbare Calorien enthalten, während die reinen Hülsenfruchtmehle des Friedens 327 Calorien und die aus ihnen hergestellten Suppenpräparate noch mehr enthalten. *Teigwaren, Gerstengraupen, Haferfabrikate* wurden nur in sehr geringer Menge und zu selten verteilt, um bei der Ernährung eine Rolle zu spielen. *Zucker.* Von einer Herabsetzung des Nährwertes ist hier keine Rede. 100 g Zucker ergeben nach wie vor 391 Calorien. 25 g wurden täglich verteilt. *Marmelade.* Ihre Beschaffenheit ist allmählich infolge der großen Nachfrage bedauerlich tief gesunken. Von den „Kunstmarmeladen“ ist der hauptsächlichst wertgebende Bestandteil, der Zucker, von 60 auf 45 % gesunken. Als Mittel sind 175 ausnutzbare Calorien anzunehmen, während im Frieden man mit 200—260 Einheiten rechnen konnte. *Kunst-honig.* Wegen des höheren Zuckergehaltes, rund 80 %, zieht die Bevölkerung den Kunsthonig der Marmelade vor. Verschlechtert hat sich die Ware nicht. *Gemüse und Obst.* Die Calorienmenge, die sie bei der Verzerhrung bieten, reicht nicht aus, um die fehlenden Nährwerte zu ersetzen. **II. Stickstoffhaltige Nahrungsmittel.** In den letzten Jahren sind die hauptsächlich eiweißhaltigen Nahrungsmittel in ihrer Menge sehr zurückgegangen. Die Bemühungen, durch massenhafte Erzeugung von Trockenhefe dem Stickstoffmangel zu begegnen, hatten nur geringen Erfolg, da die erzeugten Mengen zu gering waren. Der Mangel an Futtermitteln und der starke Fleischbedarf des Heeres haben die Beschaffenheit des Fleisches außerordentlich verschlechtert. Bei der herrschenden Magerkeit des Schlachtviehes darf die von 100 g Fleisch gelieferte Calorienmenge nur mit 120 angenommen werden. Falls in der betreffenden Woche Fleisch überhaupt geliefert wurde, ist die in Form von Fleisch abgegebene Calorienmenge im günstigsten Falle nur mit 180 bis 200 anzusetzen. *Eier.* Die durchschnittlich wöchentlich betragende Calorienmenge ist 55. *Milch, Quark, Käse.* Der durchschnittliche Fettgehalt der Milch ist infolge Futterknappheit und Überhandnehmens der Verfälschungen auf 2,5 % zurückgegangen. In Form von $\frac{1}{2}$ l Magermilch wurden wöchentlich, falls Vorrat vorhanden war, 102 Calorien verteilt. **III. Fett-haltige Nahrungsmittel.** Ihre Menge ist unzureichend.

Rindstalg, gehärtete Trane und im Lande erzeugte pflanzliche Öle bilden das Ausgangsmaterial für die Margarineherstellung. *Butter*. Beschaffenheit und Nährwert ist nicht unerheblich herabgesunken. Häufig wurde geklagt über Butter mit hohem Gehalt an freien Fettsäuren, und übermäßige Nichtfettgehalte von 25—30 % kommen bisweilen vor. Während im Frieden die Butter 10—12 % Wasser hatte, hat jetzt gesalzene Butter regelmäßig 15—16 % und mehr, ungesalzene mindestens 17—18 %. *Margarine*. Man mußte einen größeren Wassergehalt bis zu 20 % bei der Margarineherstellung erlauben, damit die Margarine streichfähig bleibt. Im Frieden enthielten 100 g Margarine 790 Calorien, während sie jetzt infolge des hohen Wassergehaltes nur noch 715 aufweist. Im Mittel wurden per Woche 42,5 g Butter und außerdem 13,5 g Margarine verteilt mit einem Gesamtgehalt von zusammen 407 ausnutzbaren Calorien wöchentlich.

Die Summe der uns noch zur Verfügung stehenden ausnutzbaren Calorien zwingt zu dem Schlusse, daß ohne schwerste Folgen für die leibliche und geistige Gesundheit auf die Dauer niemand mit den völlig unzureichenden Nahrungsmengen auskommen kann. (*H. Haupt*, Chemiker-Zeitung 1919, 43. Jahrg., Nr. 34 und 35/36.) *E. Weinvurm*.

Darwins geschlechtliche Zuchtwahl und ihre art-erhaltende Bedeutung (*N. G. Lebedinsky*, Helbing und Lichtenhahn. Basel 1918). — In seinem an der Universität Basel gehaltenen Habilitationsvortrag versucht *N. G. Lebedinsky* die Frage nach der art-erhaltenden Bedeutung der geschlechtlichen Zuchtwahl auf eine neue Weise zur Lösung zu bringen. Er bespricht zunächst eine Reihe von Ansichten und Theorien, die seit *Darwin* zu der Frage der geschlechtlichen Zuchtwahl überhaupt, im besonderen ihrer Bedeutung für die Erhaltung der Art aufgestellt worden sind. Auf Grund der Beobachtungen an Kastraten und der Ergebnisse experimenteller Forschung (*Meisenheimer*, *Prings* u. a.) kommt der Verfasser zu dem Schluß, daß die Bedeutung der geschlechtlichen Zuchtwahl für die Erhaltung der Art gegeben sei durch die Beziehungen der Ausbildung sekundärer männlicher Geschlechtsmerkmale zu dem allgemeinen Stoffwechselzustand des Individuums: Zierate, Schmuckfarben, Waffen der Männchen sind nicht Bildungen, deren Vererbung Selbstzweck ist, indem sie, wo sie als Variationen neu oder in besonders starker Ausbildung auftreten, das Männchen im Wettstreit mit dem Rivalen irgendwie begünstigen. Vielmehr ist deren starke Entwicklung der Ausdruck einer erhöhten Lebensfähigkeit, eines besonders guten Gesundheitszustandes überhaupt. Indem die Schmuckcharaktere die Männchen bei der Werbung um die Gunst des Weibchens unterstützen und diejenigen in erster Linie zur Fortpflanzung gelangen lassen, die sich ihrer in besonders guter Ausbildung erfreuen, bewirken sie indirekt auch eine Weitervererbung der besonders kräftigen Konstitution des Vaters auf die Nachkommenschaft und dienen so dazu, die Art im Kampfe ums Dasein günstiger zu stellen. Gleichzeitig würde dabei auch die Vorliebe der Mutter für Träger besonders wohlentwickelter Schmuckorgane vererbt, so daß in der nächsten Generation die Aussichten für eine im gleichen Sinne wirkende geschlechtliche Auslese noch vermehrt würden. So beruht nach *Lebedinsky* die art-erhaltende Tendenz der geschlechtlichen Zuchtwahl in erster Linie auf einer Verbesserung des allgemeinen Kräftezustandes der einzelnen, die Art bildenden Individuen. Dem Einwand, daß dieser Zweck in mindestens ebenso vollkommener Weise durch die

natürliche Auslese erreicht werden könnte, begegnet der Verfasser mit der Bemerkung, daß die von ihm angenommene Wirkung der geschlechtlichen Auslese vielleicht gerade solchen Arte zugute käme, bei denen die natürliche Auslese weniger energisch die Ausscheidung der minder Tauglichen bewirkte. Man wird einer solchen Annahme zweifellos beipflichten können in allen den Fällen, wo es sich um besonders auffällige Schmuckorgane handelt oder um eine übermäßige Entwicklung von Körperteilen, die dem Träger im Kampfe ums Dasein, im besonderen auch im Kampf mit dem Nebenbuhler um die Gunst des Weibchens keineswegs nützlich, vielleicht sogar schädlich sind. Doch ist damit ein anderer Einwand keineswegs entkräftet: Es ist sehr fraglich, ob die besonders gesunden und kräftigen Männchen, um sich bei der Paarung den Vorrang zu sichern, des Umwegs über die Wirkung ihrer besser entwickelten Schau- und Schmuckorgane auf das „auswählende“ Weibchen überhaupt bedürfen. In allen den Fällen, wo um den Besitz der Weibchen von den Männchen im eigentlichen Sinne gekämpft wird, ist das sicherlich nicht nötig, da hier ohnehin der Kräftigere obsiegt. —

Ferner darf nicht übersehen werden, daß die Auffassung *Lebedinskys* nur haltbar ist unter der Annahme einer auswählenden Tätigkeit des Weibchens, einer Annahme, der ja von den verschiedensten Seiten energisch widersprochen worden ist. Die Schwierigkeiten, die dieser Annahme anhaften, werden durch die Deutung *Lebedinskys* in keiner Weise vermindert, vielleicht sogar vermehrt. Denn es wird für die Wirksamkeit des vom Verfasser angenommenen Prinzips eine Erfahrung des Weibchens vorausgesetzt, die dieses niemals machen kann, da der Gesundheitszustand seiner Nachkommenschaft nicht einmal eine Rückwirkung auf sein eigenes Triebleben auszuüben vermag. Wir müßten also dann zu einer anderen Annahme unsere Zuflucht nehmen, daß nämlich beim Auftreten einer Variation im Habitus der Männchen, die der Ausdruck besonderer Lebensstüchtigkeit ist, die Weibchen bereits eine — kaum erklärbare — Vorliebe für die so ausgezeichneten Männchen besäßen. Auf die geringe Wahrscheinlichkeit einer solchen Annahme und die Bedenken, die dagegen von der empirischen Forschung erhoben werden müssen, hat u. a. bereits *K. Guenther*, den auch *Lebedinsky* in seinem Vortrage zitiert, hingewiesen. Es wäre vielleicht für die Bearbeitung des Problems fruchtbarer, nicht das Vorhandensein auffälliger Formen und Farben bei den Männchen, sondern das Fehlen derselben bei den Weibchen in den Vordergrund zu stellen und überhaupt bei der Beurteilung schützender oder auffälliger Bildungen im Tierreiche weniger das „Nützliche“ als vielmehr das „Schädliche“ oder „Nicht-schädliche“ zu betonen. *L. Glaesner*.

Georg Gerland. Nach kurzer Krankheit verschied im Alter von 86 Jahren am 18. Februar 1919 in Straßburg i. Els. Prof. Dr. *G. Gerland*, bis 1910 Ordinarius für Geographie an der dortigen Universität, der sich außerordentliche Verdienste um Geographie und Seismik erworben hat. In Übereinstimmung mit seiner Auffassung der geographischen Wissenschaft beschäftigte er sich auch mit geophysikalischen Fragen und gründete zu ihrer Förderung die Beiträge zur Geophysik, deren erster Band 1893 erschien und die bald weltbekannt wurden. Im besonderen wandte er sein Interesse der Erdbebenforschung zu. Auf dem internationalen Geographentag zu Berlin 1899 vertrat er mit großem Nachdruck die

auf dem Geographentag in London 1895 von *E. von Rebeur-Paschwitz* aufgestellte Forderung des Zusammenschlusses aller Länder zur Förderung der seismischen Wissenschaft. In Deutschland selbst setzte er schließlich nach harten Kämpfen die Errichtung einer Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg durch, deren Leitung ihm im Nebenamte übertragen wurde. 1900 war der Bau eines Observatoriums in Straßburg vollendet. Hier sollten nicht nur Seismometer dauernd registrieren, sondern es sollten auch instrumentelle Untersuchungen und Neukonstruktionen unternommen werden.

1901 erreichte er die erste Zusammenkunft der Vertreter einer Reihe von Ländern, die einem engeren Zusammenschluß geneigt waren. Dank seinen außerordentlichen, nie nachlassenden Bemühungen wurde 1903 in Straßburg die Internationale seismologische Assoziation gegründet. Es war eine Staatenassoziation. Als Sitz ihres Zentralbureaus wurde Straßburg ausersehen und *Gerland* zum Leiter. Deutschland, im besonderen Straßburg, wurde in erster Linie durch ihn Mittelpunkt der seismischen Wissenschaft. Trotz aller Arbeiten, die mit seinem Hauptberuf als akademischen Lehrers und Direktors der beiden Institute zusammenhängen, war er auch mit Erfolg auf musikalischem Gebiet schöpferisch tätig. Eine Anzahl seiner Kompositionen sind veröffentlicht worden. Auf seine eingehenden Arbeiten auf ethnographischem Gebiet kann hier nur kurz hingewiesen werden. Die seismische Forschung hat in ihm einen ihrer Ersten verloren; mit ihr wird sein Name stets verknüpft bleiben. *C. Mainka.*

Astronomische Mitteilungen.

Eine photographisch-photometrische Vergleichung der Flächenhelligkeiten von Ring und Zentralkörper des Saturn während der Opposition 1914–15 nach seiner Gittermethode teilt *E. Hertzsprung* in den *Astr. Nachr.* Nr. 4974 mit. Nach der Seeligerschen photometrischen Theorie des Saturnrings muß dessen Flächenhelligkeit gegen die Opposition des Planeten hin stark zunehmen und nach der Opposition in gleicher Weise wieder abnehmen. Die entschiedene Zunahme muß um, so näher der Opposition beginnen und umso steiler sein, je geringer die Dichtigkeit der Verteilung der Ringkörperchen ist.

Die Aufnahmen des Saturn wurden mit dem 50 cm-Leitfernrohr des großen photographischen Refraktors der Potsdamer Sternwarte und einem Objektivgitter von 2 mm Stabdike und Zwischenraum auf Schleußner Viridinplatten gewonnen. Als Farbenfilter wurde eine wässrige Lösung von CrO_4K_2 verwendet, so daß nur Licht in der Nähe des scharfen Empfindlichkeitsmaximums im Gelbgrün zur Wirkung gelangte. Infolgedessen zeigen die durch das Objektivgitter erzeugten Nebenbilder erster Ordnung noch keine störende Dispersion. Die Belichtungszeit betrug gewöhnlich 2 min. Der Helligkeitsunterschied zwischen Zentralbild und den Nebenbildern erster Ordnung ist $0,98^m$. Die Größe der Bilder auf der Platte erreicht etwas mehr als 2 mm in Richtung der großen Ringachse. Die Ausmessung geschah mit einem Hartmannschen Mikrophotometer. Es ergab sich eine Zunahme der Flächenhelligkeit des Ringes relativ zur Flächenhelligkeit des Zentralkörpers im Betrage von $0,20^m$ für das Phasenintervall $1,07^\circ$ bis $0,15^\circ$ (Phase = Winkel am Saturn im Dreieck Saturn—Sonne—Erde) und von

nur $0,11^m$ für das Phasenintervall $5,75^\circ$ bis $1,07^\circ$. Das Verhältnis der Flächenhelligkeiten von innerem und äußerem Ring betrug nahe 3 : 2 und änderte sich in dem Phasenintervall $0,15^\circ$ bis $5,75^\circ$ nicht auffallend. Das Ergebnis steht im Einklang mit dem lichtelektrischer Messungen in Babelsberg (*Astr. Nachr.* Nr. 4938) für die Opposition 1918, durch die das Gesamtlicht des Planeten mit dem Licht eines benachbarten unveränderlichen Fixsternes verglichen wurde. Es ergab sich von der Phase $0,54^\circ$ bis zur Phase $0,35^\circ$ eine Zunahme des Gesamtlichtes von $0,073^m$, oder $0,38^m$ pro Grad Phase; dagegen von der Phase $2,60^\circ$ bis zur Phase $0,54^\circ$ eine Zunahme von nur $0,101^m$ oder $0,05^m$ pro Grad Phase. Überhaupt ist die Helligkeitsveränderung für Phasen größer als etwa $\frac{1}{4}^\circ$ nur noch langsam, und gleichmäßig wie bei den übrigen Planeten. *P. Guthnick.*

Zur Theorie der Gleichgewichtsfiguren rotierender homogener Flüssigkeiten. Über dieses Thema veröffentlichte *L. Lichtenstein* zwei Abhandlungen in der *Math. Zeitschr.* Bd. 1 und in den *Berl. Sitz.-Ber.* 1918, worin er teils gewisse von *Poincaré* aufgestellte Sätze streng bewies, teils einige neue allgemeine Eigenschaften bekanntgab. Jede von einer endlichen Anzahl geschlossener, doppelpunktfreier, stetiger Flächen begrenzter homogene Gleichgewichtsfigur besitzt eine durch den Schwerpunkt gehende, auf der Rotationsachse normal stehende Symmetrieebene; jede Parallele zur Rotationsachse trifft die Oberfläche höchstens in zwei Punkten, Hohlräume sind daher ausgeschlossen. Die Schwerkraft ist in allen Punkten der Oberfläche außerhalb der Symmetrieebene von Null verschieden. Besteht die Gleichgewichtsfigur aus einer endlichen Anzahl von Flüssigkeitsmassen, die von stetig gekrümmten Flächen begrenzt sind, so ist die Schwerkraft in allen Punkten der Oberfläche von Null verschieden und umgekehrt; die Massen liegen dabei völlig getrennt. Haben dagegen zwei Einzelmassen Punkte gemeinsam, so liegen diese auf der Symmetrieebene und es verschwindet dort die Schwerkraft. Die von *Poincaré* aufgefundene obere Schranke für die Rotationsgeschwindigkeit ist eine Folge der für das Gleichgewicht notwendigen und hinreichenden Bedingung: Potential der Gravitation + Potential der Fliehkraft = konst. Die Schwerkraft ist an der Oberfläche niemals nach außen gerichtet, im Innern herrscht Druck. Für konvexe Körper gilt die engere Schranke von *Crudei*. Konvergiert die Rotationsgeschwindigkeit unbegrenzt gegen diese Zahl, so wächst die konvexe Gleichgewichtsfigur in der Richtung der Rotationsachse über alle Grenzen. Für die Entfernung der Punkte von der Rotationsachse läßt sich eine für alle Gleichgewichtsfiguren gültige endliche obere Schranke angeben. In der Umgebung jeder von stetig gekrümmten Flächen begrenzten Gleichgewichtsfigur, die noch eine durch die Rotationsachse gehende, auf der oben genannten Symmetrieebene normal stehende zweite Symmetrieebene besitzt, gibt es eine (regulärer Fall) oder mehrere Gleichgewichtsfiguren (Verzweigungsfall), die zu einem etwas geänderten Wert der Rotationsgeschwindigkeit bei bestimmten Volumenverhältnissen gehören. *J. Lense.*

Berichtigung.

In dem Aufsatz: *Die Polhöhen schwankungen* in Heft 26, S. 454, Sp. 2, Z. 10 v. o. soll es heißen 187-facher (anstatt 155-facher). In Heft 27, S. 476, Sp. 1, Z. 2 v. o. soll es heißen: vergl. S. 453.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 29. (Seite 503—518)

18. Juli 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Über die Modifikationen kristalliner Stoffe. Von *Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. F. Rinne, Leipzig*. S. 503.
Besprechungen:

Bloch, W., Einführung in die Relativitätstheorie. Von *F. Reiche, Berlin*. S. 509.

Zuschriften an die Herausgeber:

Die psychologische Erklärung der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes. Von *O. Baschin, Berlin*. S. 510.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Über den Unterricht in praktischer Wetterkunde. Über den Bodenwind. S. 511.

Physiologische Gesellschaft zu Berlin:

Versuch und Verwandtschaftskunde. S. 512.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:
Conversazione der Royal Society. Sonnenfinsternis am 29. Mai. Atlantischer Flug über die Azoren. Erster direkter trans-

atlantischer Flug. Der amerikanische Schallmeßdienst. S. 513—515.

Botanische Mitteilungen:

Mikroskopische Untersuchungen zur Zellwandverdauung. Besprechung unserer bisherigen Saugkraftmessungen. On leaf time in the descendants from beeches with different leaf times. Über die verhältnismäßige Anzahl männlicher und weiblicher Individuen bei *Rumex thyrsiflorus*. Über spät- und postglaziale Ablagerungen in der Wyhraniederung. Über die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes bei den haptotropischen Reaktionen. S. 515—517.

Astronomische Mitteilungen:

Doppelstern ξ Ursae majoris. Verlauf der Polbewegung während des Jahres 1917. Photographische Durchmusterung der Eigenbewegungen der Fixsterne. Veränderliche Sterne. S. 517—518.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheißwerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung
der

Fabrik Dr. Heilbrun
Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

**Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten**

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Gg. Leisegang } *Potsdamerstr. 138*
Berlin } *Taentzienstr. 12*
Schloß-Platz 4

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Einleitung in die Mengenlehre

Eine gemeinverständliche Einführung in das Reich der unendlichen Größen

Von

Dr. Adolf Fraenkel

Privatdozent an der Universität Marburg

Mit 10 Textabbildungen

Preis M. 10.—*)

*) Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Über die Modifikationen kristalliner Stoffe.

Von Geh. Reg.-Rat Dr. F. Rinne,
Professor an der Universität Leipzig.

1. Leptonische Metamorphosenreihe der Materie.

Durch den Wechsel des Wärmegrades der Materie, d. h. durch Veränderung der Beweglichkeit ihrer Leptonen oder Feinbauelemente ist es, wie allbekannt, möglich, Stoffe die lange Reihe von Metamorphosen durchlaufen zu lassen, die sich über den gasigen und flüssigen sowie kristallinen-festen Zustand hinerstreckt. Eine solche Reihe setzt sich aus Strecken stetiger feinbaulicher Änderung und trennenden Sprüngen zusammen. Im gasigen Zustande der Dinge hat man es mit wirr durcheinander „nomadisierenden“, voneinander praktisch unabhängigen Leptonen in Atom- oder Molekelform zu tun. Beim Übergang zur Flüssigkeit treten sie durch lose von einem zum anderen Individuum sich schlingende Kraftlinien in lockeren Zusammenhang, beim Kristallisieren erfolgt eine dreidimensional periodische Ordnung

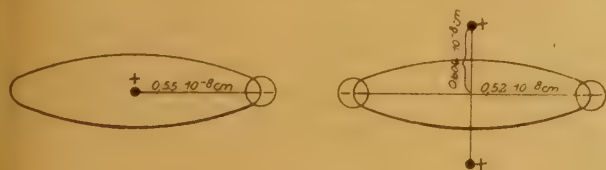


Fig. 1. Wasserstoffatom und Wasserstoffmolekül.

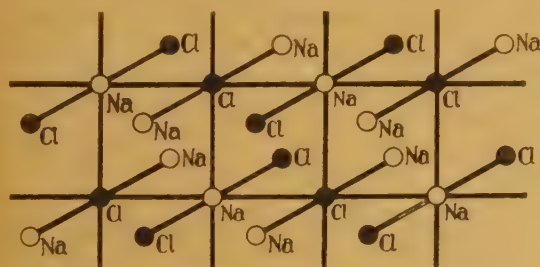


Fig. 2. Leptonistischer Bau des Steinsalzes.

der Atome oder Atomgruppen: das Raumgitterprinzip wird dem Aggregat der Teilchen übergeprägt. Und wie man z. B. nach der Vereinigung zweier Wasserstoffatome zu einem Molekül nicht mehr erkennen kann, zu welchem Atomkern ein bestimmtes Elektron gehörte, so ist es im Kristall, als dem neuen chemischen System, im allgemeinen auch nicht mehr bekundbar, welche Atome, z. B. im NaCl-Steinsalzbau der Fig. 2, einst ein Molekül miteinander bildeten. Die chemischen Hauptbindungen schneiden im Kristall nicht mehr.

wie bei Gasen und Flüssigkeiten an Molekelgrenzen ab, sie durchziehen vielmehr das ganze Gebilde in nach Abstand und Richtung gleichmäßiger Verkettung. Hinzugekommen ist als Gegensatz zum Molekelcharakter die Fähigkeit, durch Wachstum dem Kristall neue Teilchen in weitergreifender atomistischer Verbindung anzugliedern, ohne den chemischen Charakter des Stoffes zu ändern. Das Gewichtsverhältnis der Stoffe ist das gleiche im Molekül wie im Kristall; das absolute Gewicht ist nur für das Molekül konstant.

Nach all dem kann eine „Identität der Molekeln“ in den verschiedenen Aggregatzuständen nicht anerkannt werden: die Moleküle von Gasen und Flüssigkeiten ändern sich beim Durchlaufen der Metamorphosenreihe periodenweise stetig und sprunghaft; im kristallinen Zustande geht der Molekelcharakter der Materie vollends verloren. Sehr wohl können sich indes nach dem Akte der Kristallisation noch charakteristische Konstruktionszüge der einstigen Molekeln herausheben, etwa im Sinne von P. v. Groth Ringbildungen, auch ionenartige Komplexe; sie sind gewissermaßen geometrische Radikale (oder Leptyle, wie man sie in Analogie zu den chemischen Radikalen nennen könnte). Die Baugruppen Ca und CO₂ beim Kalkspat, die TiO₂-Knäuel in der Struktur von Rutil und Anatas sind Beispiele dafür.

2. Modifikationsfaktoren.

Außer den sprunghaften Wandlungen vom Zustande eines Gases in den einer Flüssigkeit¹⁾ und von diesem zum kristallinen Körper sind Untersprünge im jeweiligen Bereiche dieser „Aggregatzustände“ möglich; von ihnen seien hier die im kristallinen Material als „Modifikationsänderungen“ sich vollziehenden insbesondere gewürdigt. Vorweg ist zu vermerken, daß die Modifikationen eines Stoffes aber nicht immer in einem solchen epigenetischen engen Verhältnis der Ineinanderverwandelbarkeit durch Wechsel der Temperatur stehen, daß vielmehr manche weniger abhängig davon erscheinen. Ob die eine oder eine andere Modifikation sich bildet, hängt eben oft nicht nur vom Wärmegrad (oder vom Druck bzw. einer Kombination dieser beiden Umstände) ab, sondern auch von dem, was man „stoffliches Feld“ nennen kann²⁾. Wie im großen

1) Eine Metamorphose, die im kritischen Zustande stetig vollzogen wird.

2) Bereits F. Grandjean wandte den entsprechenden anschaulichen Namen „champ moléculaire de contact“ an. Im Anschluß daran nahm ihn R. Groß bei Kristallisationsstudien unter der Bezeichnung molekulares bzw. Atomfeld auf.

Betriebe der Natur die Sterne aufeinander wirken, so werden auch im Mikrokosmos des Moleküls und des Kristalls die Konstellation und die Bewegung der Teilchen von der Umgebung der Partikel in Nahewirkung beeinflusst. Die molekularen Vorformen der Kristallisation und damit letztere selber hängen von den stofflichen Genossen ab. So wird die Herausbildung von Kalkspat oder Aragonit aus einer calciumkarbonathaltigen wässrigen Lösung dadurch bedingt, ob sie rein ist oder Magnesiumsulfat führt, ob also das chemische Feld lediglich aus Karbonat und Wasserteilchen besteht oder sich Sulfateptonen ihm hinzugesellen; bei dem für diese Verhältnisse besonders zur Demonstration geeigneten Beispiele des sauren Phenylakridoniumsulfats hängt es entsprechend von dem Gehalt an Alkohol, Wasser und Schwefelsäure ab, ob ein rotes monoklines oder grünes triklines „Isomeres“ entsteht.

3. Morphologie der Kohlenstoffmodifikationen.

Bei den Modifikationen, die sich beim Wechsel der Temperatur ineinander umwandeln, ist die äußere Deformierung des Kristallbaus gelegentlich so gering, daß die Metamorphose sich ohne Zerfall der Gestalt vollzieht. Das läßt sich z. B. beim Borazit oder Quarz sehr gut beobachten, bei denen es sich beim Umschlag nur um Minuten betragende Winkeländerungen handelt. Von Interesse ist es, daß beim Erhitzen, insbesondere im Quarz, dicht vor der Modifikationswandlung die geometrischen und optischen Veränderungen sich auffallend kräftig abspielen, was auf eine Ansammlung von feinbaulicher Spannung vor der sprunghaften Änderung als Auslösung dieser Spannung hinweist. Bei manchen anderen Stoffen kommt es dabei zum äußeren Zusammenbruch des Kristallgebäudes, so bei der Umänderung von Diamant in Graphit. Die nähere Untersuchung zeigt indes, daß auch bei derartigen Fällen kristallographische Beziehungen der früheren zu der neu entstandenen Modifikation statthaben können.

In der Hinsicht haben die allgemeinen Verhältnisse beim Modifikationswechsel durch die außerordentlich bedeutsamen röntgenogrammetrischen Untersuchungen und Darlegungen von P. Debye und P. Scherrer über die beiden Modifikationen des Kohlenstoffes, den Diamanten und den Graphit, eine besonders lehrhafte Beleuchtung erfahren¹⁾. Sei es gestattet, hier die Verhältnisse in einfacher Weise zu kennzeichnen. Dem Diamanten kommt nach W. H. und W. L. Bragg ein würfeliges Raumbgitter zu mit C-Atomen an den Ecken und auf den Flächenmitten sowie in den Zentren der abwechselnden Zellen, die man durch die Medianebenen des Würfels in Achtzahl erhält (Fig. 3). Miteinander verbunden stellen diese vier inneren Kohlenstoffatome die Ecken eines regelmäßigen Tetraeders dar. Bringt

man einen solchen stereochemischen Diamantkörper mit einer seiner Diagonalen von Ecke zu Ecke in vertikale Stellung, so erscheint er als Rhomboeder und das vorhin erwähnte Tetraeder als trigonale Pyramide mit der Grundfläche (Fig. 4 links). Den Graphitbau erhält man nach Debye und Scherrer durch Dilatation des Diamantmodells in Richtung der besagten Körperdiagonale von $6,12 \cdot 10^{-8}$ auf $10,23 \cdot 10^{-8}$ cm. Die horizontalen Ausmaße bleiben dieselben. Wie am Elementarwürfel des Diamanten liegen die C-Atome des Graphits an den Ecken und auf den Flächenmitten des nun schlank rhomboedrischen Elementarparallelepipeds; die innere, beim Diamanten tetraedrisch-trigonale Pyramide ist zu einer steileren trigonalen Pyramide geworden, und ihre Grundfläche und Spitze lagern

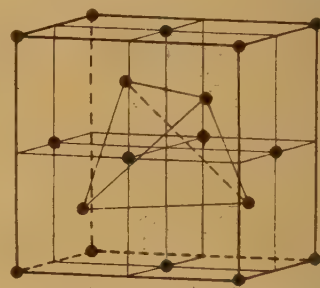


Fig. 3. Elementarkörper des Diamanten.

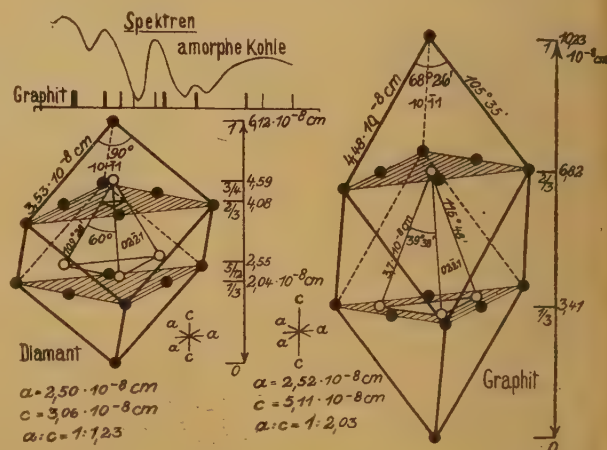


Fig. 4. Vergleich des Feinbaus von Diamant und Graphit.

nunmehr in den Ebenen, die man durch die Atome auf den Flächenmitten legen kann. In Fig. 4 sind eine Anzahl von Ausmaßen für den näherinteressierten Leser eingetragen.

4. Stereochemie der Kohlenstoffmodifikationen.

Wie Debye und Scherrer bereits heraushoben, liegen im Diamant- und Graphitbau die Grundlagen der chemischen Verkettung von C-Atomen vor. Auch diese Umstände in Zeichnungen in besonders einfacher Weise herauszuheben, sei hier gestattet. Fig. 5 stellt einen (mit Fig. 3 und 4 nicht zusammenfallenden) Ausschnitt der Diamantstruktur vor. Man erkennt in der Mitte ein C-Atom, um welches herum sich vier

¹⁾ P. Debye und P. Scherrer, Über die Konstitution von Graphit und amorpher Kohle. Physikalische Zeitschr. Bd. 18, S. 291, 1917.

andere Atome an die Ecken eines regelmäßigen Tetraeders gestellt haben. Jede dieser Ecken ist wiederum der Mittelpunkt eines Tetraeders, und so sprossen gewissermaßen die chemischen Tensoren durch das ganze Bausystem des Diamanten gleichmäßig fort. Ist also ein Diamantkristall der Repräsentant der aliphatischen Verknüpfung, so tritt nach *Debye* und *Scherrer* im Graphit die aromatische Ringbildung deutlich hervor. Er besteht aus Tafeln mit Sechseringen, die, wie Fig. 6 zeigt, gegeneinander verschoben sind. Damit ergeben sich Bindungen von $1,45 \cdot 10^{-8}$ cm

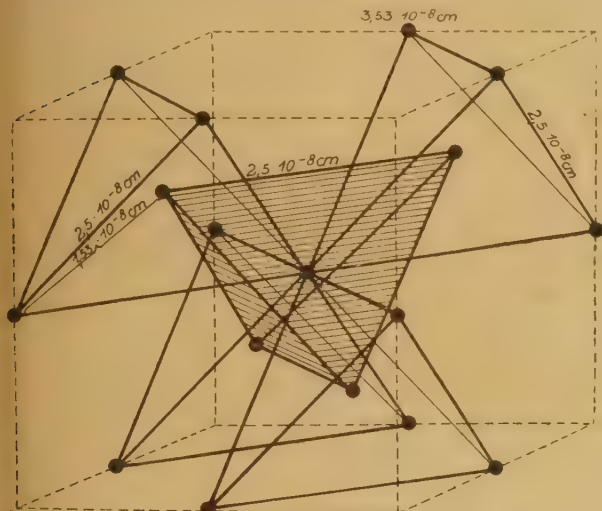


Fig. 5. Stereochemie des Diamanten.

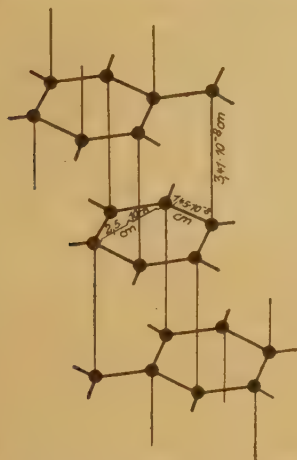


Fig. 6. Stereochemie des Graphits.

Länge in der Tafelebene und solche mit $3,41 \cdot 10^{-8}$ cm nach oben und unten in abwechselnder Orientierung.

Es ist von Interesse, daß man die Bautypen von Diamant und Graphit noch in anderer Beziehung verwandtschaftlich nebeneinander stellen kann, wie ich es in Fig. 7 und 8 zeigen möchte. Sowohl Diamant als auch Graphit läßt sich aus parallelen Sechseringen aufbauen, die jeweils die obere und untere Fläche eines hexagonalen Prismas ausmachen. Die Höhe dieser Prismen beträgt

beim Diamanten nur $1,53$, beim Graphit $3,41 \cdot 10^{-8}$ cm; sie sind beidemale mit ihrer Achse gegeneinander um $1,45 \cdot 10^{-8}$ cm entsprechend den Figuren verschoben. Beim Diamanten haben sie einen Abstand von $0,51 \cdot 10^{-8}$ cm, während sie beim Graphit aufeinander liegen, so daß also die Oberseite eines unteren Prismas mit der Unterseite des nächst höheren in eine Ebene kommt.

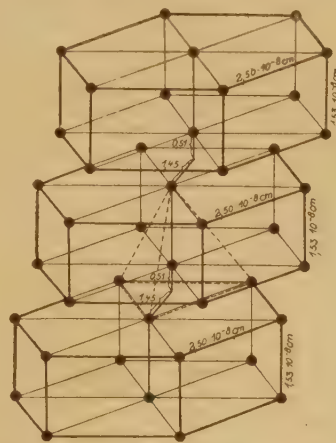


Fig. 7. Feinbau des Diamanten.

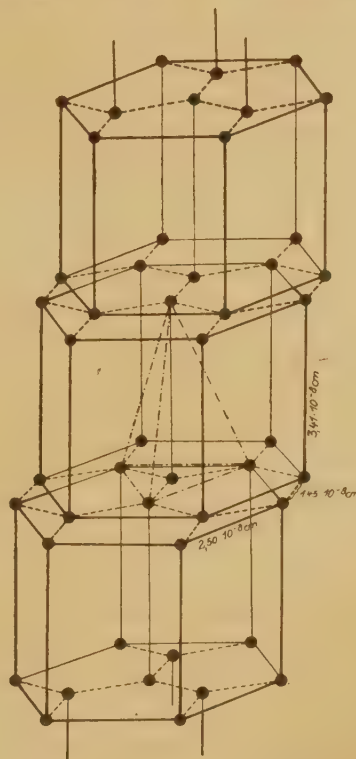


Fig. 8. Feinbau des Graphits.

Als Modell mit nach den Vertikalen verschiebbaren Sechseringen gebaut, kann dies einfache Strukturschema des Diamanten in das des Graphits und umgekehrt leicht übergeführt werden. Wie in Fig. 4 heben sich die Beziehungen der Bauart von Diamant und Graphit in den Fig. 7/8 anschaulich heraus, insbesondere auch beim

Volumvergleich die Verschiedenheit der „Konzentration“ des Kohlenstoffs in den beiden Modifikationen. Die Richtungsbeziehung der Fig. 7/8 zu den Abbildungen Fig. 4 ergibt sich bei Betrachtung der eingezeichneten Tetraeder bzw. trigonalen Pyramiden ohne weiteres.

5. Modifikationsisotypie.

Sei es nun gestattet, in Ansehung des jetzt so außerordentlich anschaulichen Vorganges der Verwandlung des Diamanten in Graphit einige Betrachtungen allgemeinerer Art anzustellen.

Die naturkundliche Bedeutung der Erscheinung liegt wesentlich darin, daß sie ein experimentell gefestigtes Beispiel für die Anschauung ist, nach der die verschiedene Konstellation der nämlichen *Atome* auch in dem Kristall genannten chemischen System bedeutende Wandlungen in geometrischer, physikalischer und chemischer Hinsicht mit sich bringt. In der Erkenntnis wird man also nun weiter versuchen, die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten solcher Wandlungen herauszuarbeiten. Dabei liegt es wohl am nächsten, die *morphologischen Motive* zu erfassen, wie es in folgender Überlegung angestrebt sei.

Anschaulich entwickelt sich durch die Schemata der Fig. 4 die Deformation der Diamant- zur Graphitform. Man wird sich vorstellen müssen, daß beide Architekturen standhafte *Bau-typen* präsentieren. Natürlich werden die Architekturen bis zu einem gewissen Maße von der besonderen stofflichen Art der Substanz, im vorliegenden Beispiel des Kohlenstoffs, abhängen. Von vornherein ist es aber wahrscheinlich, daß sich in ihnen und entsprechend bei den Modifikationen anderer Stoffe *geometrische Stabilitätstypen* kenntlich machen. Hält man in dem Sinne Umschau unter den Kristallformen sonst bekannt gewordener Fälle, so heben sich in der Tat beim Überblick besonders der chemisch einfach aufgebauten Stoffe, solche Typen stabiler Bauart deutlich heraus, eine Erscheinung, die sich bereits früher *Isotypie* genannt habe. Ein weitverbreiteter Modifikationstypus ist der isometrische; ihm gehört auch der Diamant an. Stellt man ihn trigonal wie in Fig. 4 auf, so kennzeichnet sich seine bei allen isometrischen Stoffen gleiche Winkelart durch das Achsenverhältnis $a : c = 1 : 1,23$. Äußerst verbreitet, und zwar gleichfalls unabhängig von der jeweiligen Zusammensetzung, ist weiterhin ein hexagonaler Modifikationsbautypus mit $a : c = 1 : 1,64$. Dazu gesellt sich nun der Graphitbau mit $a : c = 1 : 2,03$. Man erkennt, daß sich bei diesen drei Typen die Abschnitte auf der vertikalen Bau- richtung c wie $3 : 4 : 5$ verhalten, ein einfaches, in sich harmonisierendes Maßverhältnis, das diese drei Typenformen chemisch einfach zusammengesetzter Stoffe miteinander verknüpft. Die von der jeweiligen chemischen Art abhängigen spezifischen Abweichungen, wie sie sich beim hexagonalen Typus zufolge der großen Zahl seiner

Glieder verfolgen lassen, ist gering. Z. B. sind kennzeichnende Kristallwinkel für einige seiner Angehörigen folgende: Mg $62^\circ 9'$; (Ir, Os) $62^\circ 0'$; ZnO $61^\circ 54'$; ZnS $61^\circ 35'$; AgJ $62^\circ 9'$; OSi $62^\circ 9'$; H₂O $61^\circ 50'$; SiO₂ (Tridymit) $62^\circ 21'$ usw. Die Ähnlichkeit bei chemischer starker Verschiedenheit ist nicht zu verkennen¹⁾.

6. Atomvolumverhältnisse der Modifikation.

Bezüglich der morphologischen Verhältnisse der Modifikationen kristalliner Aggregationen ist weiterhin von Interesse, die *Atomvolumina* zu verfolgen. Zwar läßt sich die Dimensionierung der Atome mit ihrem Atomkern und elektronischen Trabanten in den verschiedenen Richtungen aus den röntgenogrammetrischen Ergebnissen an Kristallen noch nicht erkennen, nimmt man indes vorerst die Atomvolumina als kugelförmig an, so wäre ihr Maximalradius q gegeben durch den kleinsten Abstand zweier gleicher Atome im Kristallbau. Es interessiert, zu wissen, ob diese Distanz bei den Modifikationen eines Stoffes gleich ist oder nicht. In der Hinsicht findet man beim Diamant $q = 1,53 \cdot 10^{-8}$ cm, beim Graphit $1,45 \cdot 10^{-8}$ cm, also ähnliche Maße. Daß aber der unterschiedliche Wert kennzeichnend ist, ersieht man aus den entsprechenden Zahlen für Titan. Aus den von Vegard für Rutil und Anatas (beide TiO₂) gegebenen Daten findet man für q des Titanatoms $3,51$ bzw. $3,0 \cdot 10^{-8}$ cm, also deutliche Differenzen²⁾.

7. Physikalische und chemische Stereometrie der Modifikationen.

Für die physikalischen Verhältnisse der *Kohäsion* und die Umstände des *chemischen Zusammenhaltes* ist die Konstellation der Bauteilchen eines kristallinen Aggregats natürlich gleichfalls von Bedeutung. Es kommt dafür die Anordnung und Dimensionierung der geometrischen Radikale in Betracht, aus denen sich die Modifikationen zusammensetzen. Beim Diamant und Graphit reduzieren sich diese Baugruppen auf Atome. Die Affinitätstensen von einem zum anderen Kohlenstoffteilchen sind das Längenmaß und zugleich der Anhalt für die Stärke der Bindung; enge Nachbarschaft bedeutet starke physikalisch-chemische Verkettung, weitere Entfernung schwächere Verknüpfung. In dem Sinne erscheinen die Kohlenstoffatome des Diamanten untereinander gleich stark gebunden, nämlich

¹⁾ Auf andere noch bestehende Typen chemisch einfach zusammengesetzter Stoffe sei hier nicht weiter eingegangen. Auch sie werden durch die röntgenogrammetrischen Untersuchungen immer klarer herausgearbeitet.

²⁾ Die *Volumina der Elementarkörper* von Diamant und Graphit sind durch die Debye-Scherrerschen Zahlen natürlich ohne weiteres gegeben. Man findet für Diamant $44 \cdot 10^{-24}$ cm und für Graphit $74,9 \cdot 10^{-24}$ cm. Fernerhin hat das Tetraeder des Diamanten der Fig. 4 einen Inhalt von $1,84 \cdot 10^{-24}$ cm, die entsprechende trigonale Pyramide des Graphits $3,13 \cdot 10^{-24}$ cm.

durch Tensoren von $1,53 \cdot 10^{-8}$ cm Länge, die des Graphits verschieden stark, insofern hier der Atomabstand in der Endfläche der Prismen von Fig. 8 $1,45 \cdot 10^{-8}$ cm beträgt, aber die Entfernung der C-Atome senkrecht dazu $3,41 \cdot 10^{-8}$ cm ausmacht, wie das schon *P. Debye* und *P. Scherrer* heraus hoben. Solche Umstände der physikalischen und zugleich chemischen Verschiedenheit der Bindungen machen sich nach den Erörterungen von *E. Schiebold* über Kalkspat (Dissertation, Leipzig 1919) deutlich geltend in der Eigenschaft der *Spaltbarkeit*; sie geht zusammen mit dem Vorhandensein, leptonistisch gedacht, weit klaffender planer Baulücken parallel den Spaltflächen, zugleich aber auch mit dem bedeutsamen Merkmal, daß dementsprechend keine eng zusammengehörigen Baugruppen als geometrisch-chemische Radikale, mithin keine starken chemischen Bindungen bei der Spaltung zerrissen werden. Die außerordentlich weitgehende Blättrigkeit des Graphits parallel den nur durch schwache chemische Bindung zusammengehaltenen Endflächen der hexagonalen Prismen in Fig. 8 erläutert diese Verhältnisse ganz vortrefflich. Durch die Spaltbarkeit werden die in sich fest gebundenen chemischen Bauteile aus der stereochemischen Formel herauspräpariert.

8. Allgemeine Morphologie des „Amorphen“ und Kristallinen.

Entsprechend wird man weitere Überlegungen anstellen müssen über alle sonstigen Eigenschaften der Modifikationen, um sie aus der Mechanik der kristallinen Systeme abzuleiten, im Falle des Diamanten und Graphits also z. B. über die große Härte, klare Durchsichtigkeit und chemische Widerstandsfähigkeit des einen und über die, demgegenüber so auffällige, außerordentliche Milde, die völlige Lichtundurchlässigkeit und die Oxydierbarkeit des anderen Isomeren; ein noch weites Feld allgemein bedeutsamer Forschung.

Man ist am Anfange des Weges. Jedoch eröffnen sich schon manche physikalisch-chemische Ausblicke in die Weite. Sei in der Hinsicht bei der vorliegenden Betrachtung an Hand des Beispiels Diamant und Graphit, zu denen sich noch die sogenannte amorphe Kohle gesellt, der Gedanke verfolgt, wie man sich im Sinne der Leptologie oder Feinbaulehre das *allgemeine Verhältnis der amorphen zu den kristallinen Stoffen*, die man ja als Modifikationen einer Substanz auffaßt, ausmalen kann. In der Hinsicht ist zunächst darauf zu verweisen, daß die Individuen des amorphen Zustandes, die Atome, Ionen und Molekeln, an sich ebensowenig „gestaltlos“ und ebensowenig innerlich regellos sind, wie die Einheit des dreidimensional periodischen Zustandes, der Kristall. Man kann auf sie die *Symmetrieforschungen* bezüglich Inversion, einfache und Schraubenachsen, gewöhnliche und Gleitspiegelebenen und der Kombination dieser Symmetrie-

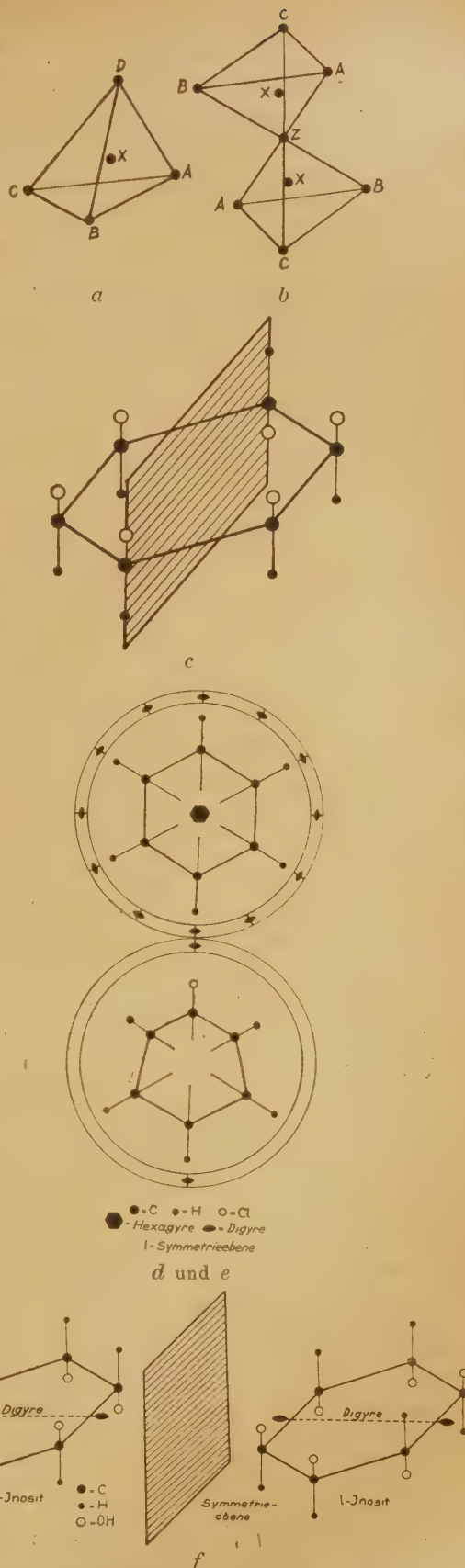


Fig. 9. Symmetrieverhältnisse von Molekülen.

elemente¹⁾ mit demselben Rechte, wenn auch noch nicht mit derselben Leichtigkeit des Erfolges, anwenden, wie es bei den Kristallen hinsichtlich ihres Aussehens und Feinbaues geschieht²⁾. Die Fig. 9 gibt einige Beispiele. Das allgemeine Interesse bezüglich der Geometrie solcher Gebilde besteht darin, daß sie den *Generalfall der Feinbaustrukturen* vorstellen: die Beschränkung des Baurhythmus auf die 2-, 3-, 4- und 6-Zahl, wie sie durch das kristallographische Grundgesetz gegeben ist, fällt bei ihnen fort.

So können also die Symmetriestudien bei den leptonistischen Bildungen in erweiterter Form angesetzt werden; es ist zu erwarten, daß sich aus den bereits vorhandenen Ansätzen das Gegenstück zur Morphologie der Kristalle, eine Leptomorphologie, entwickeln läßt, welche insbesondere auch die Veränderungen behandelt, die sich in den chemischen Einheiten bei Substitutionen und Isomeriewandlungen einstellen (vergl. z. B. Fig. 9 d, e, f), und weiterhin bekundet, welche Beziehungen zwischen diesen beiden Kapiteln der allgemeinen Morphologie bestehen.

9. Eigenschaftswechsel der Molekeln mit der Richtung.

Auch darf man hinsichtlich der Beziehungen zwischen den molekularen Individuen und den Kristallen noch ein zweites Moment annehmen; es ist der manchmal mit Unrecht für den kristallinen Zustand reservierte gesetzmäßige *Eigenschaftswechsel mit der Richtung*. Er bekundet sich auch bei molekularen Gebilden ja schon in den morphologischen Schematen, und hinsichtlich der physikalischen Verhältnisse tritt er bei Gasen, Flüssigkeiten und Schmelzen nur deshalb nicht heraus, weil die Molekeln bei ihnen wirr durcheinanderliegen und als Gesamtheit nach allen Richtungen gleiche Mittelwerte liefern. Im Falle der Parallelisierung einer Baurichtung der Individuen bekundet sich in günstigen Umständen der molekulare Richtungssinn in den optischen Eigenschaften, so ev. im Falle der Reibung beim Fließen des Stoffes und insbesondere unter dem Einflusse eines elektrischen oder chemischen Feldes. Für elektrische Zwangsstellung der Molekeln ist das Nitrobenzol ein bekanntes Demonstrationsobjekt; für den Fall gegenseitiger Molekelorientierung unter der Wirkung ihrer eigenen Kraftlinien sind „*flüssige Kristalle*“ bedeutsame Beispiele. In stofflicher Nahewirkung aufeinander gruppieren sich deren Moleküle mit einer ausgezeichneten Richtung auf größere Bezirke parallel³⁾, sie be-

kunden dann ihren molekularen optischen Richtungssinn nach Art optisch einachsiger Kristalle, ohne wahre Kristalle vorzustellen; es fehlt ihnen dazu die Raumgitterstruktur. Die allgemeine Eigenschaft der Molekeln, richtungsverschieden zu sein, die in optischer Hinsicht für gewöhnlich durch wirre Lagerung kompensiert ist, findet bei den „*flüssigen Kristallen*“ ihren Ausdruck zufolge der Leichtigkeit, mit der ihre Molekeln sich mehr oder minder vollkommen zueinander auf größere Strecken parallel richten. Die Besonderheit der flüssigen Kristalle gegenüber anderen Atomaggregaten liegt also nur in der extremen (nach *Vorländer* langgestreckten) einer Parallelrichtung günstigen Bauart ihrer molekularen Individuen begründet; sie gehören in ihren typischen Beispielen der Molekularchemie, nicht der Kristallchemie an, und sind als „*Fastkristalle*“ in ihrem selbständigen Bestreben zur Parallelisierung höchst interessante Übergangsformen zwischen amorpher und kristalliner Materie, und dann vom nämlichen Charakter wie das Nitrobenzol in seiner elektrischen Zwangsorientierung.

10. Morphologische Übergänge vom Kristallinen zum Amorphen.

Weiterhin zeigen nun Röntgenuntersuchungen nach dem Verfahren von *Debye* und *Scherrer* gleichfalls, daß zwischen „*amorphem*“ und kristallinem Material geometrische Verwandtschaftsbeziehungen und Übergänge vorhanden sind. Für das einschlägige Experiment ist kennzeichnend, daß auch die kristallinen Partikel in wirrer Lagerung, nämlich als Teilchen eines sehr feinen Pulvers, benutzt werden. So kommen dann Reflexkegel durch Spiegelung an den feinbaulichen durch die Atome gelegten Ebenen rund um den

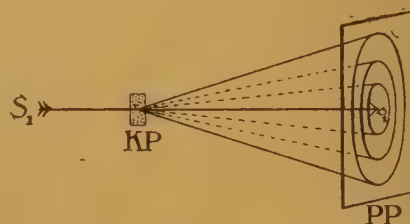


Fig. 10.

Primärstrahl zustande. Ein Molekelgemisch läßt hierbei nur verwaschene ineinander verklingende Strahlenkegel erkennen, wie das die Intensitätskurve für amorphen Kohlenstoff in Fig. 4 zeigt; seine reflektierenden Ebenen sind weit lockerer besetzt als im kristallinen Pulver des Graphits, dessen scharfe Reflexe auf der Wagerechten oben in Fig. 4 unter der Intensitätskurve der Beugung amorphen Kohlenstoffs nach *Debye* und *Scherrer* gezeichnet ist. Es herrschen, wie man unmittel-

schachtel. Um ihre Doppelbrechung zu bekunden, müssen sehr viele dieser Molekelschachteln mit einer Richtung parallelisiert werden.

¹⁾ Vergl. z. B. F. Rinne, Zur ältesten und neusten Kristallographie. Diese Zeitschr. 1916, Heft 17/18.

²⁾ Sei in der Hinsicht der Darlegungen von F. M. Jaeger, Lectures on the principle of symmetry, Amsterdam 1917, gedacht.

³⁾ Man muß bedenken, daß die Wellenlänge gewöhnlichen Lichtes gegenüber den Molekeldimensionen eine ungeschlachtete Größe ist, im Verhältnis etwa wie die Länge eines Hauses zu der einer Streichholz-

bar erkennt, hierbei im Grunde nur Unterschiede der Schärfe des Beugungsexperiments, nicht Wesensverschiedenheiten aufdeckende Gegensätze. Beim „amorphen“ Kohlenstoff wie bei anderen amorphen Substanzen verhalten sich die Molekeln wie feinbauliche Fetzen von Kristallen. In je feinere Teile letztere dispergiert sind, um so ähnlicher werden sie dem amorphen Material in ihren Beugungserscheinungen und ihren anderen Eigenschaften. Im Sinne der Kolloidchemie wird es auch hier *alle Übergänge im Zerteilungsvorgange der Materie* geben. Beim Aggregationsbestreben bilden die Atomkomplexe unter dem Einfluß ihrer Umgebung zunächst molekulare Vorformen, und beim Akte der Kristallisation selber fügen sich die Atome in gegenseitiger Nahwirkung durch das ganze neue System hindurch zum Punktsystem zusammen. Wenn auch starke Konstruktionslinien der Molekeln bei der Bildung und beim Wachsen der Keime übernommen werden, so machen sich doch dabei auch neue, durch die Einheit des Kristalls gleichmäßig sich erstreckende Affinitätsverknüpfungen geltend. Die Auffassung einer rein physikalischen Aneinanderlagerung paßt nicht recht in den Vorstellungskreis der Feinbaulehre.

11. Physikalische Isomerie.

Damit verändert sich auch die Erläuterung der „*physikalischen Isomerie*“, wonach es sich bei ihren Modifikationen um die verschiedene Gruppierung gleicher Molekel handeln sollte; in Wirklichkeit werden auch hier die isomeren Gegensätze auf stereochemischen Unterschieden beruhen. Man wird also bei der Unterscheidung von chemischer und physikalischer Isomerie auf ein anderes, schon immer herangezogenes Moment Nachdruck legen, nach welchem für physikalische Isomerie kennzeichnend ist, daß sie in der Kristallisation erstet und mit der Amorphisierung, als Zerteilung in die für beide Modifikationen gleichartigen Molekel, wieder vergeht, während chemische Isomerie aus dem molekularen, also gasigen oder flüssigen Zustande der Stoffe in den kristallinen Bau übernommen wird, und bei dessen Molekularisierung nicht verschwindet; die Isomerie besteht hier vielmehr in Form zweierlei Molekel fort, die genetisch je mit einer kristallinen Modifikation verbunden sind. Physikalische Isomerie ist also Kristallisationsisomerie, aber gleich chemischer Isomerie stereochemischer Art.

12. Sammelkristallisation.

Ein besonders merkwürdiger hier noch zu erwähnender Fall der in Rede stehenden Aggregationsvorgänge ist die Vereinigung kleiner, bereits festkristalliner Partikel derselben Modifikation zu einheitlichen größeren Kristallen, eine Erscheinung isophaser Kristallisation, die sich in dem „Einformen“ bei Metallen, der Marmorisierung von Kalkstein, dem Körnigwerden von Eis, der Vereinheitlichung von

Wolframpulver zu viele Zentimeter langen Kristallen der Glühlampen und in anderen Fällen zeigt. Das Kennzeichnende dabei ist, daß es sich um einen besonderen Akt des Wachsens durch Kristallisieren, d. h. der gleichmäßigen Fortführung eines regelmäßigen Punktsystems handelt. Daher empfiehlt es sich, den anschaulichen Namen *Sammelkristallisation* zu gebrauchen. Das Kristallwachstum ist also nicht auf die Angliederung und den Einbau der Vorformen von Gasen, Lösungen oder Schmelzen beschränkt. Der Einfluß kristalliner Teilchen erstreckt sich über die Individuumsgrenze auf andere bereits kristalline Partikel, und die Kraftlinien, welche von den durch Größe bevorzugten Körpern ausgehen, drängen kristalline Nachbarteilchen „in Parallelstellung und ordnen deren Raumgitter um“¹⁾.

Besprechungen.

Bloch, W., *Einführung in die Relativitätstheorie*. Aus Natur und Geisteswelt Bd. 618. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1918, 100 S. und 16. Fig. Preis M. 1.20.

In den 14 Jahren, die seit der Schöpfung der Relativitätstheorie durch *Albert Einstein* verflossen sind, ist eine beträchtliche Zahl von Vorträgen und Broschüren erschienen, die in mehr oder weniger populärer Darstellung den naturwissenschaftlich interessierten Laien und den Studierenden auf die Höhen der Einsteinschen Gedankenwelt führen sollen. Unter den mir bekannten „Einführungen“ dieser Art halte ich die vorliegende kleine Schrift von *Bloch* für die beste. Hier ist formell und inhaltlich die Klarheit erreicht, die zur Bewältigung eines so schwierigen und reizvollen Stoffes nötig ist. Ohne ein Zuviel an mathematischem Rüstzeug, aber auch ohne eine gar zu ängstliche Scheu vor der Formel, die ja für den, der sie zu lesen versteht, den prägnantesten Ausdruck gewisser Tatsachen darstellt, wird hier der Weg beschritten, der aus den Niederungen zu dem Gipfel der Relativitätserkenntnis führt.

Daß eine gute Darstellung der Relativitätstheorie selbst für den Kenner, und um so viel mehr eine belehrende Einführung für den Nichtwissenden keine leichte Aufgabe ist, das weiß jeder, der in mühsamen Ringen mit den zähen Vorurteilen der Tradition sich zu der Klarheit der Einsteinschen Raum-Zeit-Auffassung durchzuarbeiten versucht hat. Überall liegen Steine des Anstoßes am Wege, an denen sich der an überlieferte Formen gewöhnte Geist wundstößt. Auf Schritt und Tritt tauchen Einwände auf, denen begegnet werden muß, Zweifel, die zu zerstreuen sind. Es ist ein Dornenweg, aber der Ausblick von der Höhe ist weit und umfassend und belohnt die Mühen des Weges in reichem Maße.

Der Inhalt des kleinen Buches sei hier kurz skizziert:

Nach einem einleitenden Kapitel, in dem die Begriffe der üblichen Raum- und Zeitmessung auseinandergesetzt werden, wird der Leser mit dem Galileischen Relativitätsprinzip der Mechanik bekannt gemacht, das die mechanische Gleichwertigkeit aller gleichförmig geradlinig gegeneinander bewegten Be-

¹⁾ Vergl. *F. Rinne*, Bd. Chemie der Kultur der Gegenwart, 1913.

zugssysteme ausspricht. Der Versuch, dieses Relativitätsprinzip auch auf die elektrodynamischen und optischen Erscheinungen auszudehnen, führte zu dem eigentümlichen Dilemma, das erst auf dem von *Einstein* beschrittenen Wege beseitigt werden konnte. Die Hauptfrage, die hier ihrer Beantwortung harnte, war die Frage nach dem Bewegungszustand des „Äthers“, jenes hypothetischen Trägers und Vermittlers aller elektrodynamischen Erscheinungen. Ruht der Äther „absolut“ oder nimmt er an den Körperbewegungen teil? Hier verzweigt sich also die Theorie: die ursprüngliche, von *Heinrich Hertz* aufgestellte Theorie der Elektrodynamik bewegter Körper läßt den Äther sich mit den Körpern mitbewegen und überträgt dadurch das Galileische Relativitätsprinzip unverändert auf das Gebiet der Elektrodynamik. Indessen vermochte diese Theorie sich nicht zu halten, da sie nicht imstande war, das Resultat des wichtigen Fizeauschen Versuchs zu erklären. *Fizeau* hatte nämlich gefunden, daß das Licht von einem strömenden Medium nur zu einem Bruchteil mitgeführt wird, der um so kleiner ist, je näher der Brechungsquotient des strömenden Mediums dem Werte 1 liegt. Von strömender Luft würde also der Äther im Gegensatz zu *Hertz* Anschauung so gut wie gar nicht mitgeführt werden. Dagegen gelang es *H. A. Lorentz* auf Grund der Hypothese des „ruhenden Äthers“, das Fizeausche Ergebnis qualitativ und quantitativ zu berechnen. Da diese Theorie auch sonst mit den meisten Versuchsergebnissen auf dem Gebiete der Optik und Elektrodynamik bewegter Körper im Einklang war, so schien ihr eine lange Lebensdauer sicher, so sonderbar auch die Vorstellung eines absolut ruhenden Äthers, durch den sich die Körper ungehindert hindurchbewegen, anmutete. Aber bei genauerem Zusehen zeigte sich, daß ein zweiter überaus bedeutsamer Grundversuch, der zuerst von *Michelson* angestellt und dann in Gemeinschaft mit *Morley* mit allen Kautelen und Finessen der Experimentierkunst wiederholt wurde, sich durchaus nicht in das Gebäude der Lorentzschen Theorie des ruhenden Äthers fügen wollte. Nach der Lorentzschen Theorie mußte nämlich ein auf der Erde ruhender Beobachter einwandfrei konstatieren können, ob ein Lichtstrahl, der von einer auf der Erde ruhenden Lichtquelle ausgesandt wird, sich parallel oder senkrecht zur Erdbewegung fortpflanzt. Die Erdbewegung sollte hiernach also einen deutlich merkbaren Einfluß auf die Lichtausbreitung ausüben. Das Experiment von *Michelson* dagegen ergab ein völliges Ausbleiben dieses Effektes und schien dadurch wieder die Theorie des mitbewegten Äthers zur Geltung bringen zu wollen.

Wollte man nicht die ad hoc ersonnene Lorentzsche „Kontraktionshypothese“ einführen oder die durch astronomische Untersuchungen widerlegte Ritzsche Annahme, daß die Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle abhängig sei, so mußte man zugeben, daß hier die Physik in eine Sackgasse geraten war, aus der kein Ausweg herauszuführen schien. Mit besonderer Eindringlichkeit weist daher auch *Bloch* auf dieses Dilemma hin, das durch den Fizeauversuch einerseits, den Michelsonversuch andererseits entstanden war. Denn dies ist der Punkt, wo *Einsteins* Schöpfung einsetzte.

Gleichsam im Vorhof zum Tempel der Relativitätstheorie stehend wird der Leser mit der eingehenden Analyse der Raum- und Zeitmessung in bewegten Systemen (mit Hilfe von Maßstäben und Uhren) vertraut gemacht, und er lernt verstehen, daß die „Gleich-

zeitigkeit zweier Ereignisse“ keine absolute, sondern eine relative ist, insofern zwei Ereignisse, die in einem System als gleichzeitig erscheinen, von einem relativ dagegen bewegten System aus als nicht gleichzeitig beurteilt werden. So vorbereitet tritt er in das Allerheiligste, über dessen Pforte die zwei Leitsätze der ganzen Theorie leuchten: Das Relativitätspostulat, das die volle physikalische Gleichwertigkeit aller gleichförmig geradlinig gegeneinander bewegten Systeme fordert, und das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, welches aussagt, daß für alle gleichförmig geradlinig gegeneinander bewegten Beobachter das Licht sich stets mit derselben konstanten Geschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec ausbreitet. Die mathematische Formulierung dieser beiden Grundprinzipien führt mit Leichtigkeit zu den Beziehungen, die die räumlichen und zeitlichen Abmessungen in zwei relativ gegeneinander bewegten, gleichberechtigten Systemen miteinander verknüpfen, d. h. zu den berühmten Lorentz-Einsteinschen Transformationsgleichungen für die Koordinaten und die Zeit. Ist der Leser bis hierher vorgedrungen, so kann er nun spielend die seltsamen Früchte der Theorie pflücken, ja sie fallen ihm von selbst in den Schoß! Ohne Mühe leitet er aus den Transformationsgleichungen die Kontraktion bewegter Körper, die paradox erscheinenden Uhrenkonsequenzen und das Additionstheorem der Geschwindigkeit her, die sofort den Michelson- und Fizeauversuch quantitativ erklären.

Auch eine Reihe weiterer Folgerungen aus dem Gebiete der Dynamik, die mit elementaren Mitteln nicht abgeleitet werden können, wird hier angeschlossen, vor allem der fundamentale Satz von der Trägheit der Energie, nach dem jede Energie E eine Masse von der Größe $\frac{E}{c^2}$ darstellt. Auch wird die formale Vereinfachung der Theorie durch *Minkowskis* vierdimensionale „Welt“ kurz und anschaulich dargestellt.

Ein besonderes kleines Kapitel ist der umfassenden Bedeutung der Relativitätstheorie für die gesamte Physik und ihre Stellung zu den philosophisch-kritischen Untersuchungen über Raum und Zeit gewidmet.

Zum Schluß endlich bringt *Bloch* einen Ausblick auf die jüngste Schöpfung des Einsteinschen Denkens, die allgemeine Relativitätstheorie, die in weitestgehender Verallgemeinerung das Relativitätsprinzip von den speziellen, ihm anhaftenden Beschränkungen befreit und die grundsätzliche Gleichwertigkeit aller irgendwie gegeneinander bewegten Systeme fordert. Die mathematische Durchführung dieses großartigen Gedankens ist *Einstein* nach manchen Irrwegen jetzt voll gelungen und hat als bedeutsamstes Resultat bereits zwanglos die quantitative Deutung für die bisher nicht erklärbare Perihelbewegung des Merkur geliefert.

Ich möchte diese Besprechung nicht schließen, ohne allen denen, die sich in die Welt der Einsteinschen Relativitätsgedanken einzuleben wünschen, die kleine Schrift von *Bloch* auf das wärmste zu empfehlen.

F. Reiche, Berlin.

Zuschriften an die Herausgeber.

Die psychologische Erklärung der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes.

In der wissenschaftlichen wie in der populären Literatur wird neuerdings wieder mehrfach die Frage

nach der Ursache jener merkwürdigen Erscheinung behandelt, daß der Himmel uns nicht den Eindruck einer Halbkugel, sondern den einer Kuppel von flacher Wölbung erweckt, weshalb ja auch Sonne und Mond in der Nähe des Horizontes größer erscheinen als in beträchtlicher Höhe über demselben. Auch in den „Naturwissenschaften“ ist kürzlich ein Beitrag zu dieser Frage erschienen¹⁾, in dem darauf hingewiesen wird, daß die Täuschung fortfällt, wenn ein geeigneter Anhalt für die vertikale Richtung vorhanden ist. Winkelmessungen am Fuße hoher Türme von funken-telegraphischen Großstationen ergaben annähernd richtige Schätzungen für den Halbwinkel zwischen Horizont und Zenit, während ohne dieses Hilfsmittel der Winkel, den die Richtung nach irgend einem Punkte des Himmels mit der Ebene des Horizonts bildet, stark überschätzt zu werden pflegt. Der Verfasser betont, daß die von ihm beschriebenen Versuche stark dafür sprechen, daß es sich bei der Gestalt des Himmelsgewölbes um ein psychologisches Problem handle, das keiner physikalischen Lösung zugänglich sei.

Zur Ergänzung dieser Mitteilung sei es mir gestattet, darauf hinzuweisen, daß schon früher andere Versuche angestellt worden sind, die wohl in noch eindrucksvollerer Weise den bündigen Nachweis geliefert haben, daß es sich tatsächlich um einen psychologischen Vorgang handelt, bei dem die Blickrichtung eine ausschlaggebende Rolle spielt. Da ich an anderer Stelle eine ausführlichere Darstellung geben werde, so möchte ich mich hier mit dem Hinweis auf die betreffende Literatur begnügen.

1. Wie *Pernter* berichtet, hat schon *Gauß* nicht nur die Blickrichtung als die maßgebende Ursache der verschiedenen scheinbaren Größen der Himmelsobjekte angesehen, sondern auch durch Versuche seine Ansicht erhärtet²⁾.

2. *Helmholtz* führt wohl als Erster die Vorstellung von der abgeplatteten Form des Himmelsgewölbes auf die Tatsache zurück, daß die wahre Form des Wolkenhimmels in der Tat ein sehr flaches Gewölbe ist. Da wir nun kein Mittel der sinnlichen Anschauung haben, um die Entfernung des Wolkenhimmels von der des Sternenhimmels zu trennen, so scheint es nur natürlich, daß wir dem letzteren die wirkliche Form des ersteren, soweit wir sie unterscheiden können, mit zuschreiben, und daß auf diese Weise die doch immer sehr vage, unbestimmte und veränderliche Vorstellung von der flach kuppelförmigen Wölbung des Himmels entsteht³⁾.

3. *Filchne* hängt sich an einem Reck mit abwärts gekehrtem Kopfe auf und betrachtete so den Himmel. Dabei verschwand die Täuschung beinahe völlig und der Himmel erschien als Halbkugel⁴⁾.

4. Einen ähnlichen Erfolg erzielte *Zoth*, wenn er sich horizontal auf den Rücken legte, so daß die normale Blickrichtung zum Zenith gerichtet war⁵⁾.

¹⁾ *R. Pohl*: Über die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes, „Die Naturwissenschaften“, Berlin 1919, Jahrg. 7, S. 415—416.

²⁾ Meteorologische Optik, von *J. M. Pernter* und *Felix M. Exner*, Wien und Leipzig 1910, S. 42.

³⁾ Handbuch der physiologischen Optik, von *H. v. Helmholtz*, 2. Aufl., Hamburg und Leipzig 1896, S. 775.

⁴⁾ Die Form des Himmelsgewölbes, von *Wilhelm Filchne*, Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere, Bonn 1895, Bd. 59, S. 296.

⁵⁾ Über den Einfluß der Blickrichtung auf die scheinbare Größe der Gestirne und die scheinbare Form

Schon aus diesen wenigen Angaben, die keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit machen, ergibt sich klar, daß die Vorstellung von der uhrplastförmigen Gestalt des Himmelsgewölbes durch psychologische Vorgänge bei uns erweckt wird, und daß es in erster Linie die Blickrichtung ist, welche diese Vorstellung hervorruft, wenn auch vielleicht noch andere sekundäre Einflüsse daneben in Betracht kommen mögen.

Daß übrigens die Blickrichtung nicht nur von Einfluß auf die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes, sondern auch auf die Vorstellung von der Himmelsfärbung ist, hat *Stenzel* nachgewiesen. Wenn man nämlich den Abend- oder Morgenhimmel, wie das ja in der Regel geschieht, aufrechtstehend betrachtet, vermag man oft schwache Färbungen nicht wahrzunehmen, weil die den Horizont fast stets überlagernden Dunstschichten und der dunkle Horizont selbst keinen wirksamen Kontrast zu der Färbung bilden, das erst in größerer Höhe beginnende Blau des Himmels aber nicht überschaut wird, da wir gewohnt sind, die Blicke mehr seitlich als nach oben auszubreiten. Eine geradezu frappante Wirkung erzielt man jedoch, wenn man den Kopf soweit seitlich neigt, daß die unsere Augen verbindende Linie etwa senkrecht zum Horizont steht, ja die Wirkung steigert sich noch bei weiterer Neigung des Kopfes und wird am größten bei umgekehrter Ansicht des Himmels. Durch die Veränderung der gewohnten Anschauungsbasis tritt nämlich das kontrastierende Blau des Himmels erst in die Erscheinung und macht nicht nur schwache Dämmerungsanomalien überhaupt erkennbar, sondern erhöht auch scheinbar die Intensität stärkerer Farbtöne ganz wesentlich. Auf bildlichen Darstellungen der Dämmerungsfärbungen vermag man dagegen auch durch die Drehung der Anschauungsbasis (d. h. des Bildes) keine Steigerung der Kontrasteffekte zu erzielen, denn hier übersieht das Auge die ganze, im Verhältnis zum Himmelsareal verschwindend kleine Fläche auf einmal, was am Firmament nicht der Fall ist⁶⁾.

Berlin, den 19. Juni 1919.

O. Baschin.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 1. April sprach Dr. R. Hennig über den Unterricht in praktischer Wetterkunde und behandelte dieses Thema namentlich auf Grund einer 3½-jährigen Lehrtätigkeit im Marine-Wetterdienst. Nach seiner Ansicht enthalten die meisten für Schule oder Flieger bestimmten Leitfäden zu viel Theorie und Instrumentenkunde, dagegen viel zu wenig Praxis; sie bringen eben mehr Auszüge aus der Physik der Atmosphäre als eigentliche Wetterkunde. Während jetzt im Schulunterricht meist von der Wetterkarte ausgegangen wird und diese dann auch im Mittelpunkt der Betrachtung bleibt, empfiehlt der Vortragende, schon bei 12—14-jährigen Schülern mit einer Art von Anschauungsunterricht, möglichst ohne Instrumente, zu beginnen (Beobachtung von Wolkengebilden, Schneeformen, phänologischen Vorgängen u. dgl.) und die Behandlung der Wetterkarte an das Ende zu stellen.

des Himmelsgewölbes, von *Oskar Zoth*, ebenda 1899, Bd. 78, S. 378.

⁶⁾ Eine neue atmosphärische Störung, von *Arthur Stenzel*, „Das Wetter“, Berlin 1904, Jahrg. 21, S. 121—125.

Die vielfach geübte Methode, die Schüler zu regelmäßigen Ablesungen und Beobachtungen anzuregen und den Unterricht hieran anzuknüpfen, hält Dr. *Hennig* nicht für zweckmäßig, da dadurch das Interesse der Schüler leicht abgestumpft wird. Dagegen besprach er eingehend die anregende Wirkung, welche im meteorologischen Unterricht durch Einschaltung volkswirtschaftlicher und kulturgeschichtlicher Betrachtungen, klimatischer Fragen, z. B. Einfluß des Golfstroms, Anwendungen auf Hygiene, Technik, Kriegführung usw. zu erreichen ist.

Dr. *Hennig* zeigte ferner an Beispielen, wie er die landläufigen Wetterregeln für den Unterricht erweitert, und wie er Wandwetterkarten verwendet hat. Schließlich wurde noch die Bedeutung des Films für den Unterricht, z. B. für die Darstellung wandernder Depressionen, hervorgehoben.

In der Sitzung am 13. Mai sprach Geheimrat Dr. *Hellmann* über den Bodenwind. Der Vortrag bildete eine Ergänzung zu seinen Mitteilungen über die Änderung der Windgeschwindigkeit zwischen 2 und 258 m Höhe auf Grund der Messungen an den Funkentürmen in Nauen⁴⁾. Nach der damals abgeleiteten Formel für die Windzunahme mit der Höhe hätte die Geschwindigkeit unmittelbar am Boden 87 % von derjenigen in 2 m Höhe betragen müssen, was auffallend hoch erscheint. Um die Windänderungen in den alleruntersten Bodenschichten unmittelbar zu bestimmen, wurden daher im Sommer 1918 auf den Nuthewiesen bei Potsdam kleine elektrisch registrierende Anemometer von 41 mm Schalendurchmesser in 5, 25, 50 cm, 1 m und 2 m Höhe aufgestellt und von Juli bis Mitte Oktober in Tätigkeit gelassen.

Aus dem Beobachtungsmaterial ergeben sich schon für diese geringen Höhen ganz gesetzmäßige Änderungen des täglichen Ganges der Windgeschwindigkeit mit zunehmender Höhe. Bei Nacht verläuft der Gang in 5 cm parallel dem in 2 m, am Tage wölben sich die Kurven mit zunehmender Höhe immer mehr empor, dabei wächst auch die Amplitude rasch an. Bis zu 2 m gilt für die Amplitude a in der Höhe h die Formel:

$a = a_1 \sqrt[3]{h}$, wo a_1 die Amplitude in 1 m Höhe bedeutet, so daß $\frac{3}{4}$ cm über dem Boden die Amplitude rund halb so groß ist wie bei 1 m. Da nach den Nauener Messungen die Amplitude für 16 m schon wieder kleiner ist als für 2 m, so muß es über ebenem Gelände zwischen diesen beiden Höhen eine Schicht geben, wo die Amplitude ein Maximum wird, d. h. eine Schicht, wo der Bodentypus des täglichen Geschwindigkeitsganges am stärksten ausgeprägt ist. Das Maximum der Windgeschwindigkeit tritt zwischen 11^a und 1^p, das Minimum von 8—9^p ein; im Einklang mit der Espy-Köppenschen Theorie verzögert sich das Maximum in 2 m Höhe schon um etwa eine halbe Stunde gegen die Schichten unterhalb von 1 m.

Die Untersuchung der Windgeschwindigkeitszunahme mit der Höhe zeigte, daß diese Zunahme bis zu 2 m nach einem anderen Gesetz erfolgt wie darüber. Die folgenden Formeln geben die Beobachtungen bis auf wenige Prozent genau wieder:

$$\text{für } h < 2 \text{ m: } v_1 : v_2 = \sqrt[4]{h_1} : \sqrt[4]{h_2}$$

$$\text{für } 16 < h < 500 \text{ m: } v_1 : v_2 = \sqrt[5]{h_1} : \sqrt[5]{h_2}$$

In 5 cm Höhe beträgt hiernach die mittlere Geschwindigkeit 1,30 mps (33 % von derjenigen in 2 m), in

1 cm 0,90 und in $\frac{1}{2}$ cm 0,75 mps. Streng genommen müßte in diesen Formeln auch die Tageszeit berücksichtigt werden, da die vertikale Geschwindigkeitszunahme mittags größer ist als nachts. Auch der absolute Betrag der Geschwindigkeit spielt hierbei eine Rolle. Es kann angenommen werden, daß der Reibungswiderstand proportional der Windgeschwindigkeit ist; demgemäß nimmt die Geschwindigkeit bei schwachem Winde langsam, bei starkem Winde rasch mit der Höhe zu.

Auch die Zahl der windstillen Stunden zeigt einen deutlichen täglichen Gang. Während in 5 cm Höhe nur in den ersten Nachmittagsstunden Windstillen fehlen, blieben in 2 m die Stunden von 9^a bis 5^p ohne Windstillen. Die rasche Zunahme der Stillenhäufigkeit nach Sonnenuntergang (Maximum 7—10 p) und die ebenso rasche Abnahme nach Sonnenaufgang tritt besonders in den untersten Schichten hervor. Herr *Hellmann* bedauerte, daß keine Instrumente zur Verfügung standen, um etwaige absteigende Luftbewegungen, welche hierbei wahrscheinlich eine ausschlaggebende Rolle spielen, feststellen zu können.

Zum Schluß versuchte der Vortragende seine bisherigen Ergebnisse an die Windmessungen auf Berggipfeln und in der freien Atmosphäre bis 3000 m Höhe anzuschließen. Dabei gelangte er für den Brocken (1142 m) rechnerisch zu einer Windgeschwindigkeit von 9,15 mps, während 9,8 mps registriert worden sind: er äußerte die Ansicht, daß infolge einer Verengung des Luftstrombettes über dem Harz das Brocken-Anemometer eine etwas höhere Windgeschwindigkeit zeigt, als der freien Atmosphäre in gleicher Höhe entspricht.

Sü.

Physiologische Gesellschaft zu Berlin.

Über Versuch und Verwandtschaftskunde sprach in der Sitzung vom 16. Mai Prof. Dr. *Heinrich Poll*. Er ging von Beobachtungen an Chromosomen (Kernschleifen) aus, jenen Bestandteilen des Zellkerns, die man seit langem in nahen Zusammenhang mit den Vererbungserscheinungen bringt. Bei der Befruchtung treten die Chromosomen der männlichen und der weiblichen Keimzelle zu dem Chromosomenbestand des befruchteten Eies zusammen, und die dadurch gegebene Chromosomenzahl bleibt in allen Körperzellen des Organismus, die sich durch immer erneute Teilungen aus der befruchteten Eizelle entwickeln, die gleiche. Im Laufe derjenigen Bildungsvorgänge des Organismus nun, die zur Heranreifung der befruchtungsfähigen, nur wieder die halbe Chromosomenzahl aufweisenden Fortpflanzungszellen führen, finden sich merkwürdige Stadien, während derer je 2 Chromosomen in engste Beziehungen zueinander treten, nämlich sich wie zwei Fäden umeinander wickeln, um sich später wieder zu trennen. Bestimmte Tatsachen legen die Auffassung nahe, daß von jedem Kernschleifenpaar die eine väterlicher, die andere mütterlicher Herkunft ist. Man hat nun die Annahme ausgesprochen, es verschmelzen bei diesem Umschlingungsvorgang die Chromosomen miteinander und gingen bei der Trennung nicht einfach wieder unverändert voneinander, sondern es hätte dabei ein Austausch kleinster Bestandteile der Chromosomen stattgefunden. Ist diese Annahme richtig, dann würden solche Beobachtungen, die bei allen möglichen Formen des Tier- und Pflanzenreiches, bei Wirbeltieren, Insekten, bei Würmern, bei der Lilie, gemacht worden sind und von denen *Poll* einige im Lichtbilde

⁴⁾ Naturwissenschaften 5, 283, 1917.

vorführte, einen Einblick gewähren in die morphologische und physiologische Grundlage der Mischung väterlicher und mütterlicher Erbeigenschaften.

Von solchen ja immerhin durchaus hypothetischen Gedankengängen aus hat sich aber doch ein Weg bahnen lassen zu jener experimentellen Richtung in der Erbllichkeitsforschung, die unter dem Namen des *Mendelismus* bekannt geworden ist und die es ermöglicht, zahlenmäßige Feststellungen, ja Vorausberechnungen zu machen. Hier hat der Amerikaner *Morgan*, der im Verein mit seinen Mitarbeitern die Erbllichkeitsverhältnisse bei einer kleinen Fliege (*Drosophila*) aufs genaueste untersucht, höchst bedeutsame Anregungen gegeben. Bei vielen seiner Kreuzungen traten neben den theoretisch erwarteten Gruppen mit verschiedenen Erbcharakteren auch solche auf, die der Theorie nach nicht hätten erscheinen dürfen. Aber auch diese „Störungen“ folgten bestimmten Gesetzmäßigkeiten. Sie treten in festen Zahlenverhältnissen auf, und sie lassen sich sofort deuten, wenn man jene Annahme des Austausches von Chromosomenteilchen als richtig voraussetzt. Sie sind dann nichts anderes als ein Ausdruck dafür, daß die Chromosomen aus jener „Retorte der Umschmelzung“ mit einer gesetzmäßigen Veränderung ihres Erbbestandes hervorgehen. Ja, noch mehr: aus den Zahlenkonstanten, in denen diese Abweichungen auftreten, lassen sich auf Grund bestimmter Erwägungen Rückschlüsse ziehen auf die Lage und die gegenseitige Entfernung der einzelnen Erbanlagen im Chromosom.

Solcherlei Beobachtungen eröffnen die Möglichkeit, die Organismen auf ihre *innere Konstitution*, ihre fundamentale Struktur hin zu untersuchen und mit einer so erhaltenen Kenntnis ein *objektives* Urteil über die stammesverwandtschaftlichen Beziehungen organischer Formen zueinander zu gewinnen, während die Biologie sich bisher wesentlich mit einer rein geschichtlich orientierten Beschreibung des Werdegangs der Organismen begnügen mußte. Ebenso wie die Chemie nicht einfach nur wissen will, welche Stoffe bei irgendeinem chemischen Vorgang auseinander entstehen, vielmehr ihre Aufgabe darin erblickt, den *Aufbau* dieser Stoffe zu analysieren, tritt in der Biologie an die Stelle geschichtlicher Betrachtung der Versuch, zur Erkenntnis der den äußeren Erscheinungen zugrunde liegenden Einheiten zu kommen — mit Hilfe des Kreuzungsexperiments.

Bei allen den Formen indes, die sich nur schwer oder gar nicht kreuzen lassen, ist dieser Weg unmittelbarer Analyse ungangbar. Hier bleibt man auf den Vergleich äußerer Ähnlichkeiten oder Verschiedenheiten angewiesen. Solche Arbeit trägt aber immer bis zu einem gewissen Grade den Stempel des Subjektiven, je nach der morphologischen Bewertung der einzelnen Merkmale, die dem Forscher als Richtschnur bei der Aufstellung seiner „Stammbäume“ gilt. Bei einem Teil solcher Formen hat sich aber doch auch wieder ein Weg *objektiver* Feststellungen finden lassen, und der Vortragende kam damit auf sein eigenstes Arbeitsgebiet zu sprechen: die *Mischlingsforschung*. Kreuzungsversuche hauptsächlich mit Vögeln (Fasanen, Enten, Pfau und Perlhuhn) haben gezeigt, daß der Verwandtschaftsgrad miteinander gekreuzter Formen sich erschließen läßt aus der Länge des Weges, der bei der Keimzellenbildung in den Geschlechtsorganen des Mischlings zurückgelegt wird. Bei ganz naher Verwandtschaft der Elterntiere bildet der Mischling befruchtungsfähige Keimzellen, bei weniger naher bleiben die Keimzellen kurz vor dem Abschluß ihrer

Entwicklung stehen, und mit zunehmender Konstruktionsverschiedenheit der Stammformen verkürzt sich der Weg der Keimzellenbildung im Mischling mehr und mehr. Das so gewonnene Material läßt sich in der üblichen Form eines Stammbaums nur schwer zur anschaulichen Darstellung bringen; an seine Stelle treten daher *räumliche* Modelle, in denen der Verwandtschaftsgrad der durch Plastilinkugeln dargestellten einzelnen Formen in der größeren oder geringeren Länge der die Kugeln verbindenden Stäbchen zum Ausdruck kommt.

Das für die stammesgeschichtliche Beurteilung Entscheidende ist das Vorhandensein gleicher *Erbradikale* bei verschiedenen Formen. Sie können nur auf der Basis gemeinsamer Abstammung erworben sein. Zu ihnen treten auf den verschiedensten Wegen *Erbsseitenketten*, die zu äußeren Ähnlichkeiten oder Verschiedenheiten führen können, denen aber in der Frage der Verwandtschaft keinerlei grundsätzliche Bedeutung zukommt.

Günther Just.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

„*Conversazione*“ der Royal Society. Die *Nature* vom 5. Juni berichtet über den wissenschaftlichen Unterhaltungsabend (*Conversazione*) der Royal Society vom 28. Mai, den ersten nach der Beendigung des Krieges. Vor dem Kriege veranstaltete die Royal Society jährlich zwei Unterhaltungsabende — zu dem einen hatten auch Damen Zutritt —, gesellige Zusammenkünfte zu dem Zweck, wissenschaftliche Apparate und andere Dinge aktueller Natur von wissenschaftlichem Interesse weiteren Kreisen im Original bekanntzumachen. Nach einer Unterbrechung von vier Jahren fand am 28. Mai die erste *Conversazione* statt. Aus dem reichhaltigen amtlichen Katalog erwähnt die *Nature* u. a.:

G. W. C. Kaye und *R. Knox*: Die Ermittlung von Fehlern im Bauholz für Flugzeuge durch Röntgenstrahlen. Da das Holz Röntgenstrahlen vortrefflich hindurchläßt, genügt der Fluoreszenzschirm vollkommen, um jeden Arbeitsfehler und jeden Holzfehler im Innern des Werkstückes zu entdecken.

Sir Robert Hadfield: Stereoskopische Röntgenstrahlenaufnahmen von großen Kohlenelektroden aus elektrischen Stahlschmelzöfen, die größte Type von einem Durchmesser von nicht weniger als 55 cm. Für den wirtschaftlichen Betrieb der Öfen ist es von größter Wichtigkeit, daß nicht die Elektroden brechen und in das Bad fallen. Je feiner die Struktur der Elektrode ist und je weniger Einschlüsse sie hat, desto besser ist sie für den gedachten Zweck. Das Stereoskop zeigte vier der gebräuchlichsten Elektrodenarten.

Munitionserfindungsabteilung: Versuche zur Bindung des Luftstickstoffes. Während der letzten drei Jahre hatte das Versuchslaboratorium Untersuchungen über verschiedene Methoden zur Bindung des Luftstickstoffes angestellt. Die hauptsächlichsten Arbeiten bezogen sich auf Ammoniaksynthese und die Herstellung von Nitraten.

Joseph Barcroft: Die Behandlung chronischer Fälle von Gasvergiftungen durch dauernde Einatmung von Sauerstoff. Drei kleine Zellen aus Glas (? each made of glass) wurden im physiologischen Laboratorium in Cambridge aufgestellt. Ein Modell hiervon wurde gezeigt. In die Glasräume wurden Patienten für je

5 Tage gelegt. Sie durften ungefähr 7 Stunden täglich hinaus, um sich Bewegung zu machen.

J. S. Haldane: Armeeapparat für kontinuierliche Sauerstoffbehandlung. In Vergiftungsfällen durch Reizgase und in verschiedenen anderen Fällen liegt eine der Hauptgefahren darin, daß der Partialdruck des Sauerstoffs in den Lungen zu klein ist. Es ist daher notwendig, der Atemluft Sauerstoff hinzuzufügen bis zum Eintritt genügender Erholung. Durch ein einstellbares Reduzierventil fließt ein beständiger Sauerstoffstrom in einen kleinen Sack, der mit einer Gesichtsmaske verbunden ist. Der Sack entleert sich bei jeder Einatmung ohne jegliche Sauerstoffverschwendung. Die Behandlung kann in dieser Weise tagelang fortgeführt werden, da der Sauerstoffverbrauch auf ein Minimum eingeschränkt ist.

A. Chaston Chapman: „Mineralhefe“, in Deutschland während des Krieges als menschliche Nahrung gebraucht. — Der Katalog schreibt wörtlich: Der ausgestellte Organismus ist sehr ähnlich, wenn nicht identisch mit der sogenannten „Mineralhefe“, die man in Deutschland in beträchtlichen Mengen während des Krieges hergestellt und dazu verwendet hat, um die Brottration zu ergänzen. Der Organismus ist keine wahre Hefe, d. h. er gehört nicht zu dem genus *Saccharomyces*. Er wächst frei auf Nährlösungen bei einer Temperatur von 38–40° C und bildet eine dicke, fettige, runzelige Haut. Er erzeugt keinen Alkohol, und die zur vollen Entwicklung erforderliche Zeit beträgt ungefähr 36 bis 48 Stunden. Der Organismus enthält 50 bis 55 % Protein und ungefähr 5 % Fett, bezogen auf das Trockengewicht. Es ist vollkommen frei von Bitterkeit und hat einen angenehmen Geschmack, der an Sahnenkäse erinnert. Als Kohlenquelle sind Glukose und Melasse brauchbar, und der Organismus kann seinen ganzen Stickstoffbedarf aus Ammoniumsalzen decken, d. h. er beansprucht keinen organischen Stickstoff. Erforderlich ist die Anwesenheit von Phosphaten und kleinen Mengen an Kalium- und an Magnesiumsalzen.

A. Mallock: Apparat zum Messen des Wachstums der Bäume. Ein Invarband, das um den Baum gelegt ist, und der Winkel zwischen einer planparallelen Glasplatte und der einen Fläche eines rechtwinkligen Prismas spielen die Hauptrolle in dem Apparat. Das Wachstum des Baumes ändert beständig diesen Winkel, dessen Veränderung man an einer Verschiebung von Interferenzstreifen mißt, die bei streifendem Einfall des Lichtes zwischen der Ebene und dem Glasprisma entstehen.

J. E. Barnard: Methoden, Spirochäten bei Dunkel-feldbeleuchtung zu beobachten.

R. T. Leiper: Veranschaulichung der experimentellen Übertragung von Bilharziainfektion des Menschen. In Ägypten leiden nahezu 50 % der Bevölkerung unter Bilharzia. Die Gefahren, denen die Truppen ausgesetzt waren, veranlaßte das Kriegsamt im Jahre 1915 zu einer Sonderuntersuchung über die Ausbreitung und die Verhinderung der Krankheit. Die ausgestellten Gegenstände veranschaulichen einige Ergebnisse. Die Verletzungen der Blase und des Darmes infolge von Bilharzia gehen auf zwei verschiedene Arten von Würmern zurück. Diese Würmer gebrauchen Frischwasserschnecken als Zwischenwirte. *Bilharzia haematobia*, die die Blasenwand infiziert, metamorphosiert sich in *Bullinus dybowski*, und *Bilharzia mansoni*, die den Darm infiziert, entwickelt sich zu *Planorbis boissyi*. Die Infektion tritt durch die Haut ein.

E. J. Allen: Lebende Seetiere zur Veranschaulichung der Fauna des Plymouthsundes.

E. W. Mac Bride: Künstlich erzeugte abnorme Echinodermenlarven.

E. S. Goodrich und *A. F. Coventry:* Frösche und Kröten aus künstlicher Parthenogenesis.

C. Tate Regan: Modelle von Fischen zur Veranschaulichung von Anpassungsänderungen bei verwandten Arten.

E. B. Poulton: Afrikanische Schmetterlinge.

National Physical Laboratory: Mechanische und optische Vorrichtungen, um Schraubenlehren zu messen und zu prüfen.

H. F. Newall: Hales Photographien des Zeemaneffektes im Spektrum von Sonnenflecken.

Sir Napier Shaw: Veranschaulichungen der Struktur der Atmosphäre. Besonders erwähnt der Katalog Karten der Luftströmungen in verschiedenen Höhenlagen am 19. und 20. Oktober 1917 während der Zerstörung einer Flotte von Zeppelinschiffen.

George H. Gabb: Pastellbildnis des Dr. John Jeffries von John Russel. Jeffries hat zusammen mit Blanchard als erster den Kanal in einem Ballon am 7. Januar 1785 überquert. Der Bericht darüber wurde in der Royal Society im Januar 1786 gelesen. Das Porträt war verschwunden und wurde erst kürzlich neu aufgefunden. Jeffries war der erste, der einen Aufstieg lediglich zu wissenschaftlichen Zwecken unternommen hat. Bei seinem Aufstieg von London aus am 30. November 1784 befand sich in seiner wissenschaftlichen Ausrüstung ein Barometer, ein Thermometer, ein Hygrometer, ein Elektrometer, ein Marinekompaß, ein Fernrohr und 6 kleine Phiolen mit Wasser, die ihm Cavendish gegeben hatte, zur Entnahme von Luftproben in verschiedenen Höhen.

Die Nature zählt noch viele andere Ausstellungsgegenstände auf und nennt dabei nur solche, die man sich, auch ohne die Gegenstände vor sich zu haben, ungefähr vorstellen kann.

Nach der Nature vom 5. Juni war während der Sonnenfinsternis am 29. Mai der Himmel über Sobral in Brasilien, dem Beobachtungsort der englischen Expedition unter Crommelin, wenigstens während eines Teiles der Totalitätsdauer klar und das Programm befriedigend durchführbar. Alle zu erwartenden Sterne sind auf den photographischen Platten herausgekommen. Die Expedition bleibt in Sobral, bis die notwendigen photographischen Vergleichsaufnahmen gemacht sind. Der telegraphischen Mitteilung von Eddington von der Küste von Westafrika zufolge ist auch ein Erfolg der dorthin gesandten Expedition zu erwarten. Beide Expeditionen sollten die dicht bei der Sonne stehenden Sterne photographisch aufnehmen — wenigstens 12 von $4\frac{1}{2}''$ bis $7''$ innerhalb eines Kreises von $100''$ um den Mittelpunkt der Sonne —, um die Einsteinsche Theorie zu prüfen. Die Aufnahmen während der Sonnenfinsternis dienen zum Vergleich mit Aufnahmen derselben Himmelsgegend bei Nacht, um eine eventuelle Verschiebung zu entdecken, die man auf die Anwesenheit der Sonne in diesem Felde als Ursache zurückführen kann.

Auf dem atlantischen Flug über die Azoren legte das amerikanische Seeflugzeug N. C. 4 nach der Nature als längste Strecken zurück: Von Neufundland bis zu den Azoren 1381 Meilen (2210 km), von den Azoren nach Portugal 904 Meilen (1446 km), von Nordspanien nach

Plymouth 500 Meilen (800 km). Die Maschine flog außerdem 190 Meilen (403 km) in den Azoren und dann von Lissabon nach Nordspanien, ehe es den letzten Teil des Fluges nach England antrat. Die letzten 500 Meilen (800 km) flog es in 5 Stunden, ein Beweis für den vortrefflichen Zustand der Maschine trotz der vorangegangenen langen Flüge. Das Flugzeug mußte wegen Nebels sehr niedrig fliegen, den größeren Teil des letzten Weges in einer Höhe von weniger als 100 Fuß (30,5 m). Die Meisterleistung des Flugzeuges N. C. 4 beweist, wie die *Nature* dazu bemerkt, deutlich die Vorteile des Seeflugzeuges für Flüge über den Ozean, schon durch seine Fähigkeit, an einer ruhigen Stelle auf das Wasser niederzugehen, um im Notfalle kleinere Reparaturen auszuführen. Selbst mitten auf dem Ozean würde ein solches Flugzeug Gelegenheit haben, kleine Defekte auszubessern und den Flug fortzusetzen, während ein Landflugzeug für den weiteren Flug untauglich ist, wenn es gezwungen ist, auf das Wasser niederzugehen.

Den ersten direkten transatlantischen Flug hat in der Nacht vom 14. zum 15. Juni ein englisches Flugzeug (*Vickers*) ausgeführt. Nach den in der *Nature* vom 19. Juni vorliegenden Mitteilungen begann der Flug in Neufundland um 4^h 25^m nachmittags und endete in Clifden an der irischen Küste (Galway) um 8^h 40^m vormittags, dauerte also 16 Stunden und 15 Minuten. Die Maschine, ein für den Zweck etwas abgeändertes Bombenflugzeug, hat eine Spannweite von 20 m, trägt zwei Maschinen (*Rolls-Royce*) von je 375 PS und hat ein Bruttogewicht von etwa 6660 kg. Die Durchschnittsgeschwindigkeit betrug nahezu 192 km die Stunde. Der Wind war günstig, aber das Wetter nach dem Berichte der Flieger sehr schlecht. Wolken in allen Höhenlagen, und im allgemeinen war weder das Meer noch der Himmel sichtbar. In den größeren Höhen bedeckte sich die Maschine mit Eis und versagte der Geschwindigkeitsanzeiger. Während des ganzen Fluges wurden nur 4 Ortsbestimmungen unternommen. Alle Schiffe waren zwar davon in Kenntnis gesetzt worden, daß der Flug vor sich ginge, und gebeten worden, ihren Ort telegraphisch mitzuteilen, aber die Flieger blieben ohne jede Nachricht und waren auf ihre eignen spärlichen Beobachtungen angewiesen. Dank des günstigen Windes wurden nur zwei Drittel des Brennstoffes verbraucht; die Flugzeit war nur zwei Stunden länger als die kürzeste Zeit, die als günstigste Flugzeit für einen transatlantischen Flug im voraus berechnet worden war. Die durchschnittliche Höhe betrug etwa 1200 m, aber die Flieger machten bis zu 3440 m Höhe verschiedene — erfolglose — Versuche, um in verschiedenen Höhen bessere atmosphärische Bedingungen zu finden.

Die *Nature* weist darauf hin, daß erst 10 Jahre vergangen sind seit dem ersten Fluge über den Kanal.

Der amerikanische Schallmeßdienst während des Krieges hatte nach Mitteilungen von A. Trowbridge (bei der Versammlung der *American Philosophical Society*, Ende April) eine ungeheure Ausdehnung angenommen. Das „Hauptinstrument“ jedes Trupps registrierte photographisch die Ankunftszeit des feindlichen Geschützdonners bei einer auf 8 km Frontlänge verteilten Reihe von Instrumenten an gegebenen Punkten. Dieses Hauptinstrument gab die entwickelten und fixierten photographischen Angaben in weniger als einer Minute nach Ankunft des feindlichen Geschützdonners automatisch weiter, und dieser Bericht konnte mit Hilfe graphischer Methoden so

schnell ausgewertet werden, daß die Stellung des feindlichen Geschützes der eigenen Artillerie in ungefähr einer weiteren Minute telephoniert werden konnte, zugleich mit der Angabe der wahrscheinlichen Genauigkeit der Positionsermittlung und des Geschöskalibers. Der Dienst war unabhängig von Regen, Nebel und Finsternis, wenn auch bei sehr starkem Winde weniger genau.

Botanische Mitteilungen.

Mikroskopische Untersuchungen zur Zellwandverdauung (G. Haberlandt, *Beitr. z. allg. Bot.* 1, 1919). Die durch die Kriegsverhältnisse erzeugten Ernährungsschwierigkeiten haben in den letzten Jahren das Augenmerk zahlreicher Forscher auf die Frage nach der Verdaulichkeit pflanzlicher Zellwände gerichtet. Haberlandt hat schon früher über die auf diesem Gebiete gesammelten Erfahrungen berichtet, und er gibt in seiner neuen Arbeit eine zusammenfassende Darstellung, die sich indes nicht auf die beim Menschen gewonnenen Resultate beschränkt, sondern auch das Verhalten anderer tierischer Organismen (Pferd, Rind, Schaf, Hund, Schnecken und Raupen) in den Kreis der Betrachtung zieht. Zur Fütterung wurden die verschiedensten pflanzlichen Objekte verwendet: Blätter von Wirsing- und Grünkohl, Holz von Birke und Buche, Filtrierpapier, Samenschalen der Haselnuß, Stroh, das mit Natronlauge aufgeschlossen war, usw. Es ergab sich, daß die Wände zum Teil diffus angegriffen werden auf der ganzen Fläche bis zur völligen Resorption, zum Teil bloß lokal, so daß sie in der mannigfaltigsten Weise korrodiert erscheinen. Diese lokale Verdauung ist meistens ein Werk der Darmbakterien, während die diffuse Auflösung zumeist unter der Einwirkung von Verdauungsenzymen erfolgt. Für den Grad der Verdauung ist in erster Linie die chemische Beschaffenheit der Wände verantwortlich. Am leichtesten vollzieht sich die Verdauung bei Zellulosemembranen. So ergab sich bei einem Verdauungsversuch, der mit Wirsing an einem Soldaten angestellt wurde, eine Aufnahme von 88,32 % der Zellulose. Bei obligaten Pflanzenfressern (Pferd, Rind, Schaf) schreitet die Verdauung oft bis zum vollständigen Verschwinden der Zellwände vor. Dagegen sind Schmetterlingsraupen nicht imstande, die Zellulose anzugreifen, während auf der anderen Seite Schnecken vermögen, die Zytase ihres Lebersekrets die Wände von Pallisaden- und Schwammparenchym völlig lösen. Verholzte Zellwände setzen der Verdauung größere Schwierigkeiten entgegen, doch treten im Verdauungskanal des Menschen, des Hundes und des Schafes auch hier auffallende Korrosionen ein. Völlig unverdaulich sind kutinisierte Membranen sowohl für Enzyme als auch für Bakterien. Bemerkenswert ist, daß auch beim Bestehenbleiben der Membranen der Zellinhalt für den tierischen Organismus nutzbar gemacht werden kann, da die Wände, sofern sie nur mäßig verdickt sind, den amylytischen und proteolytischen Enzymen den Eintritt keineswegs verwehren. Der protoplasmatische Wandbelag wird dann einfach weggelöst, und entgegenstehenden Angaben zuwider kann auch der Kern in den Verdauungsprozeß hineingerissen werden, während die Chlorophyllkörner meist unter mehr oder minder weitgehenden Desorganisationsercheinungen erhalten bleiben.

Besprechung unserer bisherigen Saugkraftmessungen (A. Ursprung und G. Blum, *Ber. d. Deut. Bot. Ges.* 36, 1918). In einer Reihe kleiner Arbeiten haben sich

in neuerer Zeit *Ursprung* und *Blum* mit der Bestimmung der Saugkraft in pflanzlichen Geweben beschäftigt, und sie geben nun einen kurzen Überblick über die gewonnenen Resultate. Bekanntlich ist der osmotische Druck nicht in allen Zellen eines pflanzlichen Organismus derselbe; das ist ja schon deshalb nicht zu erwarten, weil der osmotische Druck im Dienste der Wasseraufnahme steht; wir können daher von vornherein einen regelmäßigen Anstieg von den Stellen der Wasseraufnahme bis zu den Blättern vermuten. Dies hat sich denn auch tatsächlich bei den eingehenden Messungen in schönster Weise bestätigt. So nimmt in jungen Wurzeln, die das Wasser nach innen leiten, der osmotische Druck von der Epidermis bis zum Zentralzylinder beständig zu, bei der Bohne beispielsweise von 4,2 bis 9,6 Atmosphären. In älteren Wurzelpartien, die keine Saughaare mehr besitzen, kehrt sich das Gefälle aber um, und das ist deshalb begreiflich, weil hier die Randzone ihr Wasser vom Zentralzylinder, in dem die Wasserbahnen liegen, bezieht, also eine Saugung von innen nach außen stattfindet. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Stamm. Vergleicht man nun die osmotischen Werte der Wurzeln, Sprosse und Blätter miteinander, dann beobachtet man einen fortschreitenden Anstieg. Je höher ein Blatt inseriert wird, desto größer ist auch seine Saugkraft. Innerhalb eines einzelnen Blattes nimmt der osmotische Druck von dem Stiel nach der Spreite und von deren Hauptnerven nach den Seitennerven zu. Die höchsten Beträge treffen wir in der Mitte der Felder an, die durch das Adernetz begrenzt werden. Und wie bei älteren Wurzeln und beim Sproß, so gilt auch hier, daß der Zelldruck mit der Entfernung von den Wasserleitungsbahnen zunimmt. Die Gefäßbündelscheide liefert die niedersten Werte, dann kommt das Schwammparenchym, dann die Palisadenschicht. Nur die periphere Epidermis macht eine Ausnahme. Hier findet ein jäher Abfall statt. Dies erklärt sich daraus, daß sie ein Wasserspeichergewebe darstellt, dem die darunterliegenden Zellen in Fällen der Not Wasser entziehen; das ist natürlich bloß dann möglich, wenn die Palisaden eine höhere Saugkraft aufweisen. Wir sehen also, daß die Verteilung des osmotischen Drucks genau den Bedingungen entspricht, die im Interesse einer zweckdienlich verlaufenden Wasserbilanz gefordert werden müssen.

On leaftime in the descendants from beeches with different leaftimes (*C. Raunkiaer, Bot. Tidskr. 36, 1918*). Daß sich die verschiedenen Laubholzarten hinsichtlich des Eintretens der Belaubung in charakteristischer Weise voneinander unterscheiden, ist eine ganz bekannte Erscheinung. Man braucht nur in einem Mischwald im Frühjahr Beobachtungen anzustellen, um eine ganz bestimmte, sich Jahr für Jahr in demselben Rhythmus wiederholende Stufenfolge des Knospenausfalls festzustellen, und zwar ist für den Eintritt der Belaubung in erster Linie das Wärmebedürfnis der einzelnen Holzgewächse maßgebend. In einem kurzen Aufsatz teilt nun *Raunkiaer* mit, daß auch innerhalb einer einzelnen Spezies, nämlich *Fagus sylvatica* (Buche) Schwankungen auftreten. Es gibt Individuen, die früh, und solche, die spät ausschlagen. Dehnt man die Beobachtung über mehrere Jahre aus, dann zeigt sich, daß sich die Reihenfolge gleich bleibt. Diese Erscheinung ist nicht immer durch äußere Einflüsse bedingt, die natürlich in derselben Richtung wirken können (z. B. verschiedene Höhenlage, Exposition usw.), sondern sie offenbart sich auch bei Individuen, die unter genau übereinstimmenden Lebensbedingungen

stehen. Offenbar handelt es sich hier um eine erbliche Eigenschaft. Darauf deutet die Tatsache hin, daß auch die Nachkommen das Verhalten der Mutterpflanze wiederholen: die Deszendenten früh sich belaubender Individuen schlagen ebenfalls früh aus, diejenigen spät sich belaubender Bäume dagegen gelangen selbst wieder später zur Entwicklung. *Raunkiaer* vermutet, daß die Zeit der Knospenentfaltung bedingt wird durch besondere Erbfaktoren oder Gene, doch darüber müßten erst noch entsprechende Kreuzungsversuche entscheiden. Sollte sich die Annahme bestätigen, dann wäre wieder ein neues Beispiel dafür gewonnen, daß sich auch physiologische Eigenschaften genau wie morphologische Charaktere den Mendelschen Spaltungsregeln fügen.

Über die verhältnismäßige Anzahl männlicher und weiblicher Individuen bei *Rumex thyrsiflorus*. (*Raunkiaer, Kgl. Dansk. Vidensk. Selsk. Biol. Meddel. I, 1918*). Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei Tieren und Pflanzen die beiden Geschlechter zumeist in einem ganz bestimmten gegenseitigen Zahlenverhältnis auftreten. Während in zahlreichen Fällen annähernd Gleichgewicht herrscht, so daß die Prozentsätze mehr oder minder um 50 % schwanken, treten hier und da recht erhebliche Verschiebungen nach der einen oder der anderen Seite auf. Hierher gehört die von *Raunkiaer* untersuchte Ampferart, bei der unter 6000 Individuen 90,44 % Weibchen und 9,56 % Männchen ermittelt wurden. Offenbar ist aber das Zahlenverhältnis von bestimmten äußeren Faktoren abhängig, denn innerhalb eines und desselben Stammes zeigt es je nach dem Jahrgang beträchtliche Schwankungen. Ein Vergleich verschiedener Stämme von *Rumex thyrsiflorus* ergab ferner, daß man hier verschiedene Elementararten unterscheiden kann, die sich hinsichtlich des Prozentsatzes von Männchen und Weibchen konstant unterscheiden. Werden solche Linien miteinander gekreuzt, dann ist die Mutterpflanze entscheidend für die Zusammensetzung der Nachkommenschaft. Worauf der Überschuß an Weibchen bei *Rumex* beruht, ist noch zweifelhaft. Bei den Organismen, bei denen Gleichgewicht herrscht, nimmt man mit *Correns* an, daß das eine Geschlecht, entweder das männliche oder das weibliche, hinsichtlich des Geschlechtscharakters heterozygotisch ist; es entwickelt gleich viel Keimzellen mit männlicher und weiblicher Tendenz. Nehmen wir dasselbe für *Rumex* an, dann müssen hier nachträglich Prozesse platzgreifen, die das Verhältnis der Geschlechter zugunsten der Weibchen verschieben. Man könnte annehmen, daß die Eier, die bestimmt sind, sich zu Männchen zu entwickeln, sich durch geringere Lebensfähigkeit auszeichnen, dann müßte man aber bei *Rumex thyrsiflorus* mehr taube Samen finden als bei anderen zweihäusigen Ampferarten; das ist aber nicht der Fall. Es könnte aber auch nachträglich eine Verschiebung der Geschlechtstendenz der männchenbestimmenden Keimzellen eintreten, wie dies für manche zoologische Objekte angenommen wird. Darüber müssen erst weitere Versuche Aufschluß geben.

Über spät- und postglaziale Ablagerungen in der Wyhraniederung. (*H. A. Weber, Abh. d. nat. Vers. Bremen, 29, 1918*). Die sorgfältige Arbeit des im Krieg gefallenen Autors zeigt, daß die Florenentwicklung von der Glazialzeit bis zur Gegenwart in Sachsen einen ähnlichen Verlauf genommen hat wie in Skandinavien, Dänemark und Norddeutschland, die in dieser Hinsicht viel gründlicher durchforscht sind. Das ausklingende Diluvium ist in dem untersuchten Gebiet vertreten durch Kalk- und Torfmudde, die zahlreiche tierische

und pflanzliche Reste bergen. Neben einer Fülle von weitverbreiteten Formen, die auch heute noch erheblich nach Norden vordringen, also nur geringe Wärmeansprüche stellen, treffen wir einzelne ausgesprochene Glazialtypen, sowohl unter den Schnecken (*Planorbis arcticus*, *P. sibiricus*) als auch unter den Pflanzen (*Carex aquatilis*). Hinweise auf Baumwuchs fehlen vollständig. Die darauf folgenden Lebermudde, die bereits zum Alluvium zu rechnen sind, sind charakterisiert durch das Auftreten der Moorbirke (*Betula pubescens*), mit der aber noch die glaziale Zwergbirke (*B. nana*) vergesellschaftet ist. Diese Schicht entspricht dem subarktischen Birkenwald. Steigt man im Profil weiter nach oben, dann tritt die Birke mehr und mehr zurück und an ihre Stelle rückt die Kiefer (Periode des Kiefernwalds). Erst zu oberst in den jüngsten Horizonten begegnet man den wärmebedürftigsten Hölzern: Fichte, Erle, Eiche und Linde. Die Fichte freilich vermochte sich bloß vorübergehend zu halten, während die Eiche schließlich den Sieg über die Kiefer davongetragen hat (Periode des Eichenwaldes). Für eine besondere Buchenperiode, die anderweitig die Herrschaft der Eiche — wohl infolge einer erneuten Klimaverschlechterung — abgelöst hat, ergab sich in den untersuchten Profilen kein Hinweis. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn entsprechende Untersuchungen auch in anderen Gebieten Mitteldeutschlands angestellt würden, damit wir auch hier in den Stand gesetzt werden, ein allgemeineres Bild zu zeichnen.

Über die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes bei den haptotropischen Reaktionen (P. Stark, Jahrb. f. wiss. Bot. 58, 1918). Schon in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hat Pfeffer dargetan, daß das Webersche Gesetz, das zunächst für die Psychologie aufgestellt wurde und das besagt, daß die Stärke der Empfindung dem Logarithmus der Reizstärke proportional geht, auch für die chemotaktischen Reaktionen pflanzlicher Organismen gültig ist. Daß es sich neuerdings auch für die haptotropischen Reaktionen, d. h. für die auf einen einseitigen Berührungszusammenstoß folgenden Krümmungen von Pflanzenorganen in schönster Weise bestätigt hat, darauf wurde schon in Bd. IV, Heft 30/31 dieser Zeitschrift hingewiesen. Die dort gegebenen Daten bezogen sich auf Versuche, bei denen Keimstengel auf zwei opponierten Seiten verschieden stark gerieben wurden, und es zeigte sich, daß für den Ausfall der Reaktion immer der *relative* Überschuß maßgebend ist, den eine Flanke gegenüber der anderen erhält. Je höher die Streichzahlen auf beiden Seiten ansteigen, desto größer muß auch der einseitige Überschuß sein, damit eine Kontaktkrümmung eintritt. Man kann nun das Webersche Gesetz auch noch in anderer Weise bestätigen, und das ist in der neuen Arbeit geschehen. Es werden zu diesem Zwecke zwei opponierte Flanken gleich stark gerieben, so daß sich die Krümmungstendenzen kompensieren müssen, und darauf erhält eine dazu senkrechte dritte Flanke einen einseitigen Kontaktreiz. Gilt nun das Webersche Gesetz, dann darf man annehmen, daß durch diese kompensierende Vorreizung die Empfindlichkeit für einen darauf folgenden einseitigen Reiz herabgesetzt wird. Dies ist tatsächlich der Fall, und zwar ist auch hier wieder für den Effekt das *relative* Verhältnis maßgebend, in dem der kompensierende Doppelreiz zu dem einseitigen Reiz steht. Verhalten sich bei Avena-Keimlingen die Streichzahlen wie 5 : 5 (Doppelreiz) : 10 (einseitiger Reiz), also 5 : 5 : 10, 10 : 10 : 20, 25 : 25 : 50 usw., dann reagieren stets ca. 70 % einer Serie; beim Verhältnis 1 : 1 : 1, also 1 : 1 : 1, 5 : 5 : 5, 10 : 10 : 10

usw., reagieren ca. 50 %; beim Verhältnis 10 : 10 : 5, also 10 : 10 : 5, 20 : 20 : 10 usw. ca. 30 % usw. Je stärker sich das Verhältnis zugunsten der kompensierenden Dosis verschiebt, desto mehr wird die Empfindlichkeit herabgesetzt; jedem festen relativen Verhältnis entspricht also ein ganz bestimmter Prozentsatz an Kontaktkrümmungen. Das ist aber genau die Beziehung, die im Weberschen Gesetz ihren Ausdruck findet, und die Berührungsempfindlichkeit der Pflanzen schließt sich also in dieser Beziehung an den Tastsinn des Menschen an. P. Stark.

Astronomische Mitteilungen.

Bei dem bekannten visuellen **Doppelstern** ξ Ursae majoris hatte Nörlund (Astr. Nachr. Nr. 4064) eine kleine periodische Störung der 60-jährigen Bahnbewegung vermutet, deren Dauer etwa 1,8 Jahre beträgt. Spektroskopische Beobachtungen der helleren Komponente von ξ Ursae durch W. H. Wright (Astrophys. Journ. 12, 254) bestätigten diese Vermutung und zeigten, daß die helle Komponente noch einen näheren Begleiter von 1,8 Jahren Umlaufzeit besitzt. E. Hertzsprung hat nun in den Jahren 1914–18 den Fall photographisch am großen Refraktor in Potsdam näher untersucht und teilt das Ergebnis in den Astr. Nachr. Nr. 4976 mit. Der Radius der kurzperiodischen Bahn des Hauptsternes A um den mit der (unsichtbaren?) dritten Komponente gemeinsamen Schwerpunkt beträgt 0,05'' und die Bahnebene geht sehr nahe durch den Visionsradius, so daß ξ Ursae möglicherweise ein Bedeckungsveränderlicher vom Algoltypus ist. Die Bedeckungsminima werden jedoch wegen ihrer vermutlich sehr kurzen Dauer — Hertzsprung schätzt sie unter gewissen Voraussetzungen zu nur 24 Stunden — und wegen ihrer sehr unsicheren Zeitlage in unserem Klima sehr schwer aufzufinden sein. Unter Annahme einer kreisförmigen Bahn findet Hertzsprung für die Zeiten der beiden Bedeckungen 1915^a, 91 + 1^a, 8 E und 1916^a, 81 + 1^a, 8 · E (E = 0,1, 2...), die aber um Wochen unsicher sind. Mittels der bekannten Parallaxe von ξ Ursae ergibt sich die Gesamtmasse zu 1,19 Sonnenmassen, die sich auf die drei Komponenten im Verhältnis 0,43 : 0,60 : 0,16 verteilt, wobei die Reihenfolge der scheinbaren Helligkeit, die hellste Komponente zuerst, innegehalten ist.

In Nr. 4969 der Astron. Nachr. gibt B. Wanach in Fortsetzung der regelmäßigen vorläufigen Mitteilungen über die Ergebnisse des Internationalen Breitendienstes den **Verlauf der Polbewegung während des Jahres 1917** aus den Beobachtungen der Stationen Mizusawa, Carloforte und Ukiah. Eine beigelegte Tafel enthält die graphische Darstellung der Polbewegung für den Zeitraum 1912,0–1918,0 im Anschluß an die Kurve S. 197 des Bandes V der „Resultate des Internationalen Breitendienstes.“

In den Nummern 4969, 4972, 4981 und 4984 der Astron. Nachrichten setzt M. Wolf die Mitteilungen über seine seit Jahren mit erstaunlicher Ausdauer betriebene **photographische Durchmusterung der Eigenbewegungen der Fixsterne** fort. Unter den mitgeteilten Fällen verdienen zwei besondere Erwähnung. Der Stern 13,5^m in $\alpha = 15^h 51^m 3^s$, $\delta = +50^{\circ} 30.9'$ (1875), Epoche 1903,4, hat eine jährliche E. B. von 1,43'' im Positionswinkel 180° (0° nach Norden, 90° nach Osten, 180° nach Süden, 270° nach Westen). Ihm 2^a in α vorangehend und 1' in δ südlicher steht ein Stern 16. Größe, dessen E. B. 1,54'' im Positionswinkel 180° ist. Die beiden bilden offenbar ein physisch verbundenes oder

ein parallel bewegtes Paar. Die absolute Helligkeit dieser beiden Sterne ist möglicherweise sehr gering (Astr. Nachr. 4981). Über ein anderes ähnliches Paar wird in der Nummer 4984 berichtet. Der Stern $6,5^m$ in $\alpha = 0^h 41^m 52^s$, $\delta = +40^\circ 37.7'$ (1875), Epoche 1903,8, hat die jährliche E. B. $1,38''$ in der Richtung $147,5^\circ$. In $\alpha 43^s$ folgend und in $\delta 9,0'$ nördlicher steht ein Stern 12. Größe mit der E. B. $2,936''$ in der Richtung $154,5^\circ$. Hier scheint eine merkliche Relativbewegung des Begleiters gegen den Hauptstern vorzuliegen, was in Anbetracht der großen scheinbaren Distanz der beiden Sterne sehr interessant sein würde.

Über veränderliche Sterne enthalten die Nummern 4969—4985 der Astr. Nachr. u. a. folgende Mitteilungen von allgemeinerem Interesse: Den im Harv. Circ. 201 als veränderlich angezeigten Stern BD $+18^\circ 3186$, $\alpha = 16^h 26,2^m$, $\delta = +18^\circ 36'$ (1900) hat M. Esch als Antalgol- oder Sternhaufen-Veränderlichen erkannt (Astr. Nachr. 4969). Die Periode des Lichtwechsels ist 0,456 Tage ($10^h 57^m$), der Umfang des Lichtwechsels anscheinend ungewöhnlich groß für diesen Typus, nämlich rund 2 Größenklassen. Im Maximum ist die Helligkeit $9,5^m$. Die Dauer des Anstieges der Helligkeit vom Minimum zum Maximum beträgt gemäß der beigefügten bildlichen Darstellung etwa $\frac{1}{4}$ der Periode.

Die Lichtwechselperiode des Algolsterns Y Cygni zeichnet sich durch eine große Ungleichheit aus, die auf schnelle Drehung der großen Achse der elliptischen Bahn des Begleiters um den Hauptstern zurückzuführen ist. Die Geschwindigkeit dieser Drehung hängt außer von gewissen Bahnelementen von der Größe der Abweichung der beiden Sterne von der Kugelform ab. Der Fall hat ein besonderes Interesse, indem wir durch ihn tieferen Einblick in den Mechanismus eines fremden Sternsystems erlangen. Kein zweiter so ausgeprägter Fall wie dieser ist bisher bekannt. Der erste, der den Charakter der Ungleichheit in der Periode dieses Sternes erkannt hat, war Dunér. Er fand für sie aus dem ihm vorliegenden Beobachtungsmaterial eine Periode von 41,1 Jahren; dies wäre also die Umlaufzeit der großen Achse der Bahn. Spätere Beobachtungen zeigten, daß die Periode noch nicht richtig bestimmt sein kann. Aus Beobachtungen des Jahres 1917 von Zinner leitet P. Guthnick (A. N. 4972) die neue Periode 53,3 Jahre ab. Die Umlaufzeit des Begleiters in seiner Bahn ist 2,996 Tage; die Exzentrizität der Bahn hat den für ein so kurzperiodisches System ungewöhnlich großen Betrag von 0,18.

In Astr. Nachr. 4972 teilt E. Hertzsprung das Ergebnis einer photographisch-photometrischen Untersuchung des δ Cephei-Veränderlichen T Vulpeculae mit. Die Aufnahmen wurden mit einem Objektivgitter gemacht. Die Zahl der Beobachtungsnächte (35) ist zwar verhältnismäßig gering, dafür verteilen sie sich aber auf die Zeit von Oktober 1910 bis September 1915, so daß man aus ihnen einen Beitrag zu der theoretisch wichtigen Frage der Konstanz oder Inkonstanz der Lichtkurve für einen längeren Zeitraum gewinnen kann. Die Darstellung der gemessenen Helligkeiten durch eine Fouriersche Reihe läßt Abweichungen von der Rechnung übrig, die, nach der Zeit geordnet, nicht ganz regellos zu verlaufen scheinen. Indessen sind die eventuell vorhandenen Veränderungen der Lichtkurve nur sehr gering, jedenfalls kleiner als 10%.

Dieselbe Frage beleuchtet eine lichtelektrische Messungsreihe an δ Cephei, die auf der Babelsberger Sternwarte ausgeführt worden ist (Astr. Nachr. 4980). Sie ist noch kleiner als die vorbetrachtete Reihe und erstreckt sich über einen Zeitraum von nur 3 Monaten; allerdings ist die Genauigkeit der Beobachtungsmethode eine wesentlich höhere. Es ergab sich Konstanz der Lichtkurve von δ Cephei während des genannten Zeitraums innerhalb 1 %. Ganz verschieden von diesen beiden δ Cephei-Veränderlichen verhält sich ein vor kurzem aufgefundenen Fall (Astr. Nachr. 4983). Der Heliumstern 12 Lacertae ist ein spektroskopischer Doppelstern von nur $4^h 38^m$ Periode. Die lichtelektrischen Messungen enthüllten einen Lichtwechsel vom δ Cephei-Typus mit derselben Periode und mit einer Amplitude von durchschnittlich $0,12^m$. Bei diesem Veränderlichen ist der Verlauf der Lichtkurve unbeschadet der Konstanz der mittleren Periode beständigen, prozentual sehr starken Änderungen unterworfen. Die Maximalhelligkeit z. B. schwankt um $0,05^m$. Die Geschwindigkeitskurve scheint sogar noch stärker veränderlich zu sein. Nach Spektrogrammen, die in Ottawa aufgenommen wurden, schwankt die Amplitude der Radialgeschwindigkeit zwischen den Grenzen 20 km und 60 km, um mehr als 100 % ihres mittleren Wertes von 34 km. Die Linienverschiebungen rühren offenbar nicht nur von einer Bahnbewegung her. In bezug auf die Veränderlichkeit seiner Lichtkurve verhält sich der bereits früher ebenfalls lichtelektrisch aufgefundenen δ Cephei-Veränderlichen β Cephei, der auch ein Heliumstern ist, ähnlich, während über seine Geschwindigkeitskurve in dieser Beziehung nichts Näheres bekannt ist. Auffallend ist die physische Ähnlichkeit der beiden genannten Veränderlichen, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht:

Stern	Spektrum	Periode	Charakter des Lichtwechsels
β Cephei....	B 1	$4^h 34^m$	δ Cephei-Typus
12 Lacertae.	B 2	4 33	"

Stern	Halbe Amplitude der Radialgeschwindigkeit	Exzentrizität der Bahn	Amplitude des Lichtwechsels
β Cephei....	17,4 km	0,0 +	$0,06^m \pm$
12 Lacertae.	16,9 "	$\leq 0,1$	$0,12 \pm$

Beide Sterne haben in der Lichtkurve außerdem ein sekundäres Maximum kurz vor dem Minimum. Die Orientierung der Lichtkurve zur Geschwindigkeitskurve ist bei beiden die für die δ Cephei-Sterne typische. Räumlich haben sie jedoch nichts miteinander zu tun, denn sie stehen am Himmel um mehr als 30° voneinander entfernt und haben verschiedene Eigenbewegungen.

Die vorhin betrachteten δ Cephei-Sterne T Vulpeculae und δ Cephei haben ein Sonnenspektrum mit den für die gewöhnlichen δ Cephei-Sterne charakteristischen Eigentümlichkeiten. Ihre Perioden sind bzw. 4,44 und 5,37 Tage. Die Verschiedenheit des Verhaltens dieser und der beiden anderen Veränderlichen steht wohl in irgendeinem Zusammenhang mit der Verschiedenheit des Spektrums, d. h. des Entwicklungsstadiums.

P. Guthnick.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 30. (Seite 519—534)

25. Juli 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Physiologische Bemerkungen zur Vererbungs- und Entwicklungslehre. Von *Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Paul Jensen, Göttingen.* S. 519.

Die Untersuchungen des Barons Roland v. Eötvös über die Kapillarität. Von *Obergeophysiker Dr. Desider Pekár, Budapest.* S. 524.

Zuschriften an die Herausgeber:

Zum Ursprung der durchdringenden Höhenstrahlung. Von *R. Swinne, Berlin.* S. 529.

Astronomische Mitteilungen:

Pfeilstern im Ophiuchus. Ein neues Mitglied der Jupitergruppe der kleinen Planeten. Die

Helligkeit, die Farbe und das Spektrum der Nova Aquilae. Das Gesetz der allgemeinen Helligkeitsabnahme in der Sonnenkorona mit wachsendem Abstände vom Sonnenrande. Berechnung der Sonnengeschwindigkeit aus den Radialgeschwindigkeiten von Sternen mit sehr kleiner Eigenbewegung. S. 530—532.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen):

Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft; 1918, Jahrgang 36, H. 5—7. S. 532.

Meteorologische Zeitschrift; 1918, H. 9/10, 11/12; 1919, H. 1/2. S. 533.



Die bewährte
Drahtlampe

Osram

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblener Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Pettseite angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 – 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050–53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Herdersche Verlagshandlung zu Freiburg im Breisgau

Soeben ist erschienen und kann durch alle Buchhandlungen bezogen werden:

Weinschenk, Dr. E.,

Das Polarisationsmikroskop.

Mit 189 Abbildungen. 4. verbesserte Auflage. gr. 8^o (VIII u. 172 Seiten). Geb. M. 9.—.

Sowohl die theoretischen physikalischen Ableitungen als auch deren praktische Verwertung beim Arbeiten sind in dem kleinen Buch in leichtfaßlicher und reich illustrierter Weise zusammengestellt, so daß es nicht nur dem Anfänger das Eindringen in das an sich schwierige Gebiet wesentlich erleichtert, sondern auch für den Geübten in allen zweifelhaften Fällen einen zuverlässigen Führer darstellt.

Mikroskop

iker, Fachleute und Amateure, erhalten kostenlos wichtige Nachricht durch den **Mikrokosmos**, Stuttgart 11, Pfizerstrasse 5.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Grundlagen unserer Ernährung und unseres Stoffwechsels

Von **Emil Abderhalden**,

o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Halle a. S.

Mit 11 Textfiguren. Dritte, erweiterte und umgearb. Auflage. Preis M. 5.60. *)

*) Hierzu Teuerungszuschläge

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

25. Juli 1919.

Heft 30.

Physiologische Bemerkungen zur Vererbungs- und Entwicklungslehre.

Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Paul Jensen,
Professor der Physiologie in Göttingen.

Inhalt.

- I. Einleitung.
- II. Zur Theorie der Vererbung.
- III. Zum Problem der phylogenetischen Entwicklung.

I. Einleitung.

Die Besprechung des Buches von *Heinrich Ernst Ziegler*: „Die Vererbungslehre in der Biologie und in der Soziologie“¹⁾ wurde von mir übernommen mit der Absicht, gewisse allgemeine Theorien, die auf dem genannten Gebiete weit verbreitet sind und auch von *Ziegler* vertreten werden, einer Kritik zu unterziehen. Diese kritische Auseinandersetzung hier vor einer breiteren Öffentlichkeit vorzunehmen, erscheint mir deshalb berechtigt und wünschenswert, weil die erörterten Fragen größtenteils ein sehr allgemeines Interesse besitzen und, wie auch in dem genannten Buche *Zieglers*, vielfach in Schriften behandelt werden, die sich an einen größeren Leserkreis wenden.

Ich beginne mit der allgemeinen Charakterisierung des *Zieglerschen* Werkes. Es bringt im wesentlichen Anschauungen über Vererbung, Biologie, Soziologie und Politik zum Ausdruck, die größtenteils in weiten Kreisen der Biologen Geltung besitzen und von ihren Vertretern als „die naturwissenschaftlichen“ bezeichnet werden. Der Verfasser wendet sich im Vorwort gegen diejenigen, die in soziologischen, sozialpolitischen und politischen Fragen die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise ablehnen, und will für solche Leser geschrieben haben, die in den Geist der Naturwissenschaften eindringen und ihre Ergebnisse kennen lernen wollen. Hierzu muß aber gleich bemerkt werden, daß es sich hier bei spezielleren und allgemeineren Anschauungen mehrfach um solche handelt, die durchaus nicht jeder Naturforscher als „die naturwissenschaftlichen“ schlechthin anerkennen wird.

Der Verfasser hat ein reichhaltiges und umfassendes Material zusammengetragen und verarbeitet, das sicher eine große Anzahl von Lesern belehren

und anregen wird, trotz oder vielleicht auch gerade wegen der erwähnten Einseitigkeit, die auch zu einer ausführlichen Bekämpfung nicht nur der sozialdemokratischen, sondern sogar der demokratischen Gesinnung und Politik führt. Wie ausgedehnt das vom Verfasser behandelte Gebiet ist, innerhalb dessen freilich die Zusammenhänge mit der Vererbungslehre zum Teil etwas locker sind, das mögen die Überschriften über die Hauptabschnitte des Buches zeigen: 1. Die Chromosomentheorie der Vererbung. 2. Die Lehre von den Kreuzungen. 3. Die Variabilität. 4. Die Vererbung beim Menschen. 5. Die natürliche Ungleichheit der Menschen. 6. Die soziale Ungleichheit. 7. Der Ursprung der Familie und des Staates. 8. Der Parlamentarismus.

In den folgenden Zeilen werde ich nur zu etwa der ersten Hälfte des *Zieglerschen* Buches einige physiologische Bemerkungen machen, nämlich zu der von ihm dargebotenen „naturwissenschaftlichen Vererbungslehre“ und zu seinen Ausführungen über Variabilität und phylogenetische Entwicklung.

II. Zur Theorie der Vererbung.

Die ersten Abschnitte der *Zieglerschen* Schrift geben eine übersichtliche Darstellung der wesentlichen Tatsachen der Vererbung, allerdings in der einseitigen Beleuchtung derjenigen „korpuskulären“ Vererbungstheorie, die man kurz als die „Chromosomentheorie“ zu bezeichnen pflegt. Diese letztere wird mit einer Zuversichtlichkeit vertreten, die kaum etwas von den schweren Bedenken ahnen läßt, von denen sie in zunehmendem Maße bedroht ist. Bekanntlich nimmt die Mehrzahl der Vertreter dieser Theorie an, daß die Chromosomen „die Vererbungsträger“ seien, was meistens im Sinne von „alleinigen Vererbungsträgern“ gemeint ist, eine vom Standpunkte der sprachlichen Logik allein zulässige Interpretation. Wenn manche Autoren sich gelegentlich zu dem Zugeständnis gedrängt sehen, daß vielleicht auch das Protoplasma oder doch Teile desselben wenigstens eine „passive Rolle“ neben „den Vererbungsträgern“ spielen, so ist das nicht nur unlogisch ausgedrückt, sondern verbessert auch die Chromosomentheorie nicht, wie wir sehen werden. Derartige Zugeständnisse scheint übrigens *Ziegler* nicht machen zu wollen, da er z. B. ausdrücklich sagt: „Die Zentrosomen haben für die Vererbung keine Bedeutung“ (S. 13). Und wenn er davon spricht, daß „die Vererbung von den Chromosomen abhängt“ (S. 14), so meint er damit, daß sie *nur* von diesen abhängt, was frei-

¹⁾ „Ein Lehrbuch der naturwissenschaftlichen Vererbungslehre und ihrer Anwendungen auf den Gebieten der Medizin, der Genealogie und der Politik, zugleich zweite Auflage der Schrift über die Vererbungslehre in der Biologie.“ Zehnter (Schluß-) Teil des Sammelwerkes „Natur und Staat“. Mit 114 Figuren im Text und 8 zum Teil farbigen Tafeln. Jena, Gustav Fischer, 1918. 480 Seiten. Preis brosch. M. 20, geb. M. 24,50.

lich ein Autor, der sich der großen Tragweite einer derartigen Behauptung wirklich bewußt gewesen wäre, hinzuzufügen nicht unterlassen hätte.

Meine Kritik der Chromosomentheorie ist auf zweierlei gerichtet: Einerseits soll sie ganz allgemein die Unzulässigkeit jeder „*idioplasmatischen*“ Vererbungstheorie dartun, nämlich jeder Theorie, die nur ganz bestimmte, meist morphologisch differenzierte, einzelne Bestandteile des Kernes oder des Protoplasmas der Keimzellen als den (alleinigen) Vererbungsträger bezeichnet, wie dies besonders die „*korpuskuläre*“ Chromosomentheorie, aber ähnlich auch die „*Plastosomentheorie*“⁴⁾, tut. Andererseits soll dann diese Kritik für die Chromosomentheorie spezialisiert werden.

Der Anfang dieser kritischen Betrachtung der landläufigen Vererbungstheorien sei gemacht mit einer Charakterisierung des Standpunktes, den die *Physiologie* gegenüber dem Problem des „*Vererbungsträgers*“ einzunehmen hat:

Die Fähigkeit einer Keimzelle, überhaupt jeder „*omnipotenten*“ Zelle, unter geeigneten äußeren Bedingungen die zahlreichen vererbaren Eigenschaften des sich entwickelnden Organismus teils simultan teils sukzessiv hervorzubringen, kann man seine „*individuelle Entwicklungsfähigkeit*“ nennen. Diese Entwicklungsfähigkeit ist ebenso eine Eigenschaft der Keimzellen, wie letztere die Fähigkeit haben, Nahrung aufzunehmen, zu assimilieren, zu dissimilieren, innere Bewegungen auszuführen usw. Und ebenso wie alle diese Leistungen der Keimzellen erfahrungsgemäß von dem Zusammenwirken aller wesentlichen Bestandteile des lebendigen Systems der Keimzellen, also des Kernes und des Protoplasmas, abhängen, so haben wir auch ohne weiteres die Entwicklungsfähigkeit mit allen ihren eng zusammenhängenden Einzelheiten an das *ganze, Kern und Protoplasma umfassende, System* gebunden zu denken, also die ganze Keimzelle als „*Vererbungsträger*“ aufzufassen, *solange nicht anderes tatsächlich nachgewiesen oder doch wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht ist*. Demnach haben wir allen Grund, anzunehmen, daß ebenso, wie wohl bestimmte qualitative oder quantitative Verhältnisse in der Zusammensetzung der *Chromosomen* die individuelle Entwicklungsfähigkeit und Entwicklung der Keimzelle mitbestimmen, so auch die Beschaffenheit der *nicht-chromatischen* Kernsubstanzen und des *Protoplasmas* am Zustandekommen eines jeden Merkmals des Organismus ihren Anteil haben.

Um das etwas spezieller zu erläutern: Damit ein Organismus ein bestimmtes Organ in bestimmter Weise zur Entwicklung gelangen lassen kann, müssen bestimmte chemisch-physikalische Bedingungen von seiten des Kernes und des Protoplasmas der Keimzelle verwirklicht sein. Und

wenn nun dieses Organ in zwei verschiedenen Fällen bestimmte verschiedene Eigentümlichkeiten zeigt, so haben wir das darauf zurückzuführen, daß in den Kernen oder den Plasmakörpern der Keimzellen oder in beiden irgendwelche qualitative oder quantitative Unterschiede oder auch solche der räumlichen Anordnung vorhanden waren; indem sich etwa hier ein bestimmter Stoff oder bestimmte Stoffe im Kern oder im Protoplasma oder in beiden fanden, die dort fehlten oder durch andere vertreten waren; oder indem hier die Mengenverhältnisse oder die räumliche Anordnung bestimmter Stoffe andere waren als dort. Danach ist also eine vererbare Eigenschaft nicht etwa durch ein bestimmtes Chromosomenteilchen oder ein sonstiges einzelnes materielles Teilchen „*morphologisch*“ oder „*korpuskulär*“ „*repräsentiert*“, sondern sie hängt, um das Wesentliche der physiologischen Auffassung recht prägnant hervorzuheben, von dem *gesamten lebendigen System* der Keimzelle ab. Das muß etwas näher erläutert werden, da derartige Gesichtspunkte den Vertretern der *idioplasmatischen* Theorien nicht klar zu sein scheinen:

Das Leben einer Zelle, und so auch der Keimzelle, wird dargestellt durch die Gesamtheit ihrer wesentlichen Lebenserscheinungen, nämlich der stofflichen, physikalisch-energetischen und morphologischen Erscheinungen ihrer integrierenden Bestandteile, also der verschiedensten gelösten und ungelösten Bestandteile des Protoplasmas und des Zellkernes. Und diese Lebenserscheinungen beruhen darauf, daß alle diese Teile der Zelle in physikalischer und chemischer Wechselwirkung zueinander stehen. Denn wir wissen, daß sich im Protoplasma die mannigfaltigsten chemischen und energetischen Prozesse abspielen, ebenso wie im Zellkern; und wir wissen ferner, daß diese Reaktionen von Protoplasma und Kern innig ineinandergreifen und mitunter auch morphologisch sichtbar breit ineinanderfließen, wie z. B. bei der Karyokinese, bei der Ernährung von Eiern durch „*Nährzellen*“⁴⁾ und in Drüsenzellen¹⁾. Man kann daher einen *einzelnen Bestandteil* einer Zelle, wie etwa den Kern oder gar ein Chromosom, Plastosom usw., die nur ganz *vereinzelte* Lebenserscheinungen, gewissermaßen nur kleine Ausschnitte aus dem mannigfaltigen Gesamtkomplex der Erscheinungen zeigen, und auch dies nur vermöge der *Mitwirkung* der anderen Bestandteile des lebendigen Systems, nicht „*lebendig*“ nennen, ebensowenig wie man etwa den Magen oder ein Bein eines Menschen als „*Menschen*“ anerkennen wird. Die für manche Betrachtungen zweckmäßige Zerlegung eines *viellelligen* Organismus in einzelne „*lebendige*“ Zellindividuen oder „*Elementarorganismen*“, deren jeder noch den ganzen Komplex der wesentlichen Lebenserscheinungen zeigt, darf also nicht sinn-

⁴⁾ Vgl. hierüber *F. Meves*, Die Plastosomentheorie der Vererbung. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 92, Abt. II, S. 41, 1918.

¹⁾ Siehe hierüber *L. Brühl*, Zelle und Zellteilung. Handwörterb. d. Naturwiss. Bd. X, S. 868 ff., Jena 1915.

los derart fortgesetzt werden, daß nun auch noch *jede Zelle* in kleinere „lebendige Einheiten“ zerlegt wird, da schon das Protoplasma und der Zellkern, erst recht aber einzelne Bestandteile des einen oder anderen, nur mit *Bruchstücken* des Gesamtprozesses „Leben“ begabte *Glieder* der lebenden Zelle sind. Ein solches einzelnes Glied der Zelle kann daher auch nicht „der Vererbungsträger“ sein, da die von der Vererbung vorausgesetzte individuelle Entwicklungsfähigkeit, wie S. 4 dargelegt wurde, als eine Funktion der *ganzen* lebenden Zelle anzusehen ist.

Um den Abstand der physiologischen Auffassung des Vererbungsvorgangs von den idiomatischen Theorien noch etwas genauer anzugeben, wollen wir einmal vergleichen, worin nach diesen beiden Anschauungen die in der Keimzelle enthaltene „Anlage“ für eine bestimmte Eigenschaft des entwickelten Organismus etwa besteht. Wenn es von der Anwesenheit eines bestimmten Stoffes¹⁾ in der Keimzelle, etwa eines bestimmten Chromosomenteilchens, abhängt, ob eine bestimmte Eigenschaft des entwickelten Organismus erscheint oder nicht, so sagt die *Physiologie* entsprechend den Ausführungen auf S. 4: Dieser Stoff ist neben den integrierenden übrigen Zellbestandteilen *mitbestimmend* für das Auftreten der gedachten Eigenschaft; während die *Chromosomentheorie* erklärt: Dieser Stoff „repräsentiert“ die gedachte Eigenschaft, er ist der „Träger“ derselben. Es wird also völlig übersehen, daß dieser Stoff nur eine *einzelne Bedingung* für das Zustandekommen der Eigenschaft ist, zu welcher der *ganze*, durch Protoplasma und Kern der Keimzelle dargestellte *Bedingungskomplex noch hinzukommen* muß, wenn die Eigenschaft sich im Zusammenhang mit allen anderen Eigenschaften des Organismus entwickeln soll.

Diese allgemeine Kritik, die für *jede „idiomatische“* Theorie gilt, möge nunmehr für die *Chromosomentheorie* noch etwas *spezialisiert* werden. Hierfür sei zunächst das Wesentliche dieser Theorie einmal in der Sprache der *Physiologie* dargestellt:

Die Bausteine, aus denen die vererbbaaren Merkmale des Organismus zusammengesetzt werden, sind Zellen und Zellerivate oder Plasmaprodukte, und von diesem Baumaterial machen die Chromosomen im Verhältnis zu den achromatischen Kernsubstanzen, dem Protoplasma und den Plasmaprodukten nur eine sehr geringe Menge aus. Trotzdem haben nach der Theorie die Chromosomen *für den ganzen sich entwickelnden Organismus* auch die genannten anderen an Masse so sehr vorherrschenden Zellbestandteile zu *liefern*, und sie haben auch die *Bedingungen* zu schaffen, die für das Zustandekommen der ganzen komplizierten Anordnung all dieser Stoffe, also für den ganzen mikroskopischen und makro-

skopischen Aufbau des Organismus erforderlich sind. Physikalisch-chemisch ausgedrückt: Die Chromosomen müssen einerseits alle „*reagierenden Stoffe*“¹⁾, andererseits alle zum Zustandekommen der stofflichen, physikalisch-energetischen und morphologischen Eigentümlichkeiten des sich entwickelnden Organismus erforderlichen „*Systembedingungen*“²⁾ zu liefern imstande sein.

Was zunächst die reagierenden Stoffe anbetrifft, so müssen, wenn die von der Chromosomentheorie vorausgesetzten Tatsachen zutreffen, alle die angedeuteten, für die erbliche Übertragung notwendigen Stoffe in den Chromosomen entweder als solche oder potentiell enthalten sein; mit „potentiell“ ist gemeint, daß in dem Falle, wo diese notwendigen Stoffe nicht als solche in den Chromosomen enthalten sind, doch alle *Bedingungen* für die in bestimmter Entwicklungsphase stattfindende *Entstehung* dieser Stoffe in den Chromosomen gegeben sind. In einer dieser beiden Formen müssen also die letzteren nicht nur alle Komponenten des Protoplasmas, sondern auch alle nicht-chromatischen Bestandteile des Zellkerns in sich bergen, da alle diese Stoffe vererbbaare Eigenschaften des Organismus darstellen und somit von dem (alleinigen) Vererbungsträger, den Chromosomen, geliefert werden müssen.

Tatsächlich aber hat die chemische Analyse im Protoplasma eine große Menge der allerverschiedensten Stoffe festgestellt, die im Zellkern und erst recht in dem Chromosomen *nicht nachweisbar sind*²⁾. Und von mehreren dieser Bestandteile können wir auch bei unseren jetzigen, leider noch sehr unvollständigen, Kenntnissen dieser Verhältnisse schon bestimmt sagen, daß sie nicht aus der Substanz der Chromosomen, die größtenteils aus Nukleinen bestehen, chemisch ableitbar, demnach also auch nicht potentiell in ihnen enthalten sind. Nur kurz sei ferner noch darauf hingewiesen, daß auch andere, die *Systembedingungen* betreffende, wichtige Fähigkeiten der Chromosomen, die sie als „die Vererbungsträger“ haben müßten, ohne eine völlige Willkür nicht angenommen werden könnten: nämlich die Fähigkeiten; die zu liefernden Stoffe auch in den erforderlichen *Mengenverhältnissen* hervorzu- bringen und ihnen die erforderliche *räumliche Anordnung* zu geben — Probleme, die keine prinzipiellen Schwierigkeiten finden, wenn man ein Zusammenarbeiten der Chromosomen mit den anderen Zellbestandteilen voraussetzt, also das ganze „chemische System“ der Zelle, mit seinen gesamten komplizierten „Systembedingungen“³⁾, ansieht als „den Vererbungsträger“.

¹⁾ Siehe hierüber P. Jensen, *Leben*. Handwörterb. d. Naturw. Bd. VI, S. 69, Jena, 1912.

²⁾ Eine kurze Darstellung dieser chemischen Verhältnisse nebst Literatur findet man bei L. Brüel, *Zelle und Zellteilung*. Handwörterb. d. Naturw. Bd. X, S. 807, Jena, 1915.

³⁾ Siehe hierüber P. Jensen, *Leben*. Handwörterb. d. Naturwiss. Bd. VI, S. 69 und 71, Jena 1912.

⁴⁾ Es könnte auch ein bestimmtes Mengenverhältnis usw. sein (vgl. S. 5).

Es scheint mir zweckmäßig, diese wichtigen Fragen noch von einer anderen Seite her zu beleuchten: Konsequenterweise müßte die Chromosomentheorie annehmen, daß man aus einem befruchteten Ei nur die gesamte Chromosomenmasse in eine geeignete *Nährlösung* zu bringen brauche, um eine normale Entwicklung mit Erzeugung aller vererbten Eigenschaften zu erzielen! Diese Konsequenz aber werden gewiß auch die Vertreter dieser Theorie zu ziehen sich scheuen, indem sie die nicht-chromatischen Kernstoffe und das Protoplasma einerseits als das für die Entwicklung erforderliche normale Medium, etwa als „Nährmedium“ oder „Ernährungsplasma“¹⁾, betrachten und es andererseits auch als *motorische Vorrichtung* ansehen dürften, die dazu diene, bei der Zellteilung die Chromosomen in Bewegung zu setzen und richtig zu verteilen.

Begutachten wir zuerst diese Vorstellung vom „Nährmedium“ oder „Ernährungsplasma“. Den Vertretern dieser Anschauung gilt das, was in der Zelle *nicht morphologisch differenziert* ist, im allgemeinen als „indifferent“, wie die nicht geformte Kernsubstanz und die protoplasmatische Grundmasse im Gegensatz zum Chromatin und wie ferner nach der Altmannschen „Granula“- oder „Bioblastentheorie“ die „Intergranularsubstanz“ gegenüber den „Granula“. Aber selbst wenn diesen geformten Gebilden eine maßgebende Rolle bei der Entwicklung und Vererbung zukommen sollte, was aus verschiedenen Gründen in hohem Grade wahrscheinlich ist, so ist es doch *völlig verfehlt*, die übrigen Massen „indifferent“ zu nennen. Eine solche Auffassung wäre zum Beispiel nicht einmal für die Blutflüssigkeit oder Gewebsflüssigkeit eines Organismus zulässig, obgleich man für diese noch am ehesten ein derartiges Prädikat für erlaubt halten könnte. Schon die Blutflüssigkeit, dieser Komplex von Nahrungsstoffen, speziell freiem Sauerstoff, Exkretstoffen, Hormonen, Enzymen, Immunstoffen usw., ist keineswegs indifferent. Und das gilt in viel höherem Maße nicht nur vom Protoplasma im ganzen, sondern auch von seiner „Intergranularsubstanz“, „Interfilarmasse“ usw., von denen wir wissen, daß sie beim Zustandekommen der wichtigsten Lebenserscheinungen wie *Erregung, Erregungsleitung, Enzymwirkungen, aktiver Bewegung und anderen Energieproduktionen usw. integrierend mitwirken*. Ganz allgemein: In einem Komplex chemisch miteinander reagierender Stoffe ist *nichts* indifferent. Das ist eine Binsenwahrheit der physikalischen Chemie. Diese und andere hierhergehörige Gesichtspunkte habe ich gegenüber einseitig morphologischen Auffassungen schon wiederholt aus-

drücklich und ausführlich geltend gemacht¹⁾, aber, wie es scheint, mit wenig Erfolg.

Einem häufig begangenen Irrtum sei hier noch begegnet. Man findet oft die Auffassung, daß beispielsweise Eiweiß, Kohlehydrate, Fette und dergl. „wichtiger“ für das Leben seien als etwa Wasser und Kochsalz. Das ist zum mindesten sehr mißverständlich ausgedrückt; denn ein bestimmtes Quantum von Wasser und Kochsalz ist zum Leben *ebenso notwendig* wie Eiweiß und Kohlehydrate. Man erkennt leicht, daß diese Frage mit der des „*Indifferentseins*“ eng zusammenhängt. Hierzu ist noch folgendes zu sagen: Will man durchaus für die verschiedenen Stoffkategorien der Zelle eine Rangordnung festsetzen, so mag man Eiweiß und Kohlehydrate „charakteristischer“ für das lebendige System nennen als Wasser und Kochsalz, die ja auch in der unbelebten Natur so häufig vorkommen. Statt derartiger allgemeiner Wendungen sollte man aber lieber danach streben, die *chemisch-physikalische Rolle genau zu ermitteln*, die ein Stoff oder Stoffkomplex im Leben der Zelle spielt. Dementsprechend muß es auch das Ziel für unsere Erklärungen der Vererbungserscheinungen sein, *alle an ihrem Zustandekommen maßgebend beteiligten Stoffe nebst Energien und ihre funktionalen Abhängigkeiten festzustellen und dann zu zeigen, in welcher Weise jede zu erklärende Erscheinung durch das Zusammenwirken dieser Größen eindeutig bestimmt ist*.

Wie stellt sich ferner bei näherer Betrachtung der Gedanke dar, daß das Protoplasma den Chromosomen, außer als Ernährer, auch noch als *Motor für ihre Bewegungen* bei der Karyokinese diene? Es sei gleich gesagt, daß man auch bei einer solchen Annahme dem Protoplasma eine maßgebende Beteiligung am Vererbungsvorgang keineswegs absprechen könnte. Und zwar nicht einmal dann, wenn man sich diese motorische Funktion des Protoplasmas recht naiv etwa so vorstelle wie die eines Gepäckträgers, der Koffer transportiert, nämlich *ohne* daß eine *chemische Beeinflussung* der Chromosomen stattfindet. Denn auch unter solchen Umständen hängt es doch vom Protoplasma ab, ob und wie die Chromosomen verteilt werden, und jenachdem, wie das Protoplasma sich dabei benimmt, wird die Entwicklung zu verschiedenen Ergebnissen führen oder auch ganz ausbleiben. Diese schon unter der gedachten Voraussetzung sehr einflußreiche Mitwirkung des Protoplasmas bei dem Zustandekommen der vererbten Eigenschaften wird dies dann noch mehr dadurch, daß *mit diesen energetischen Beziehungen zwischen Chromosomen und Protoplasma zweifellos auch chemische verbunden*

¹⁾ Die von Nägeli stammende theoretische Zerlegung der Zellsubstanz in das die Vererbung besorgende „Idioplasma“ und in das „Ernährungsplasma“ ist im wesentlichen auch von den meisten neueren Vererbungstheoretikern anerkannt worden; vergl. z. B. O. Hertwig, Allgemeine Biologie, II. Aufl. S. 375, Jena 1906.

¹⁾ Siehe besonders: P. Jensen, Organische Zweckmäßigkeit, Entwicklung und Vererbung, vom Standpunkte der Physiologie, S. 55 ff., Jena 1907 und Artikel „Leben“ im Handwörterb. d. Naturwiss. Bd. VI, S. 64, Jena 1912.

sind, auf deren Vorhandensein sowohl die oben angeführten Tatsachen der chemischen Wechselwirkungen zwischen Kern und Protoplasma als auch die bekannten mannigfachen Änderungen, die das Chromatin bei der Karyokinese erfährt, ausdrücklich hinweisen.

Um die Kritik der Chromosomentheorie zusammenzufassen, so tut diese Theorie eine ganz falsche, in der heutigen Zeit nicht mehr zulässige Einstellung zu den Problemen der Vererbung, überhaupt der Zellphysiologie, kund. Die auf diese Weise hergerichteten „Erklärungen“ für Vererbungserscheinungen sind kaum mehr als Spielereien und *das große physikalisch-chemische und morphogenetische Problem*, das in der Vererbung steckt, *wird in jenem Verfahren völlig verschleiert und ignoriert*. Wie auch andere Autoren, habe ich wiederholt in diesem Sinne eindringlich Kritik geübt¹⁾. Aber die Vertreter dieser schlechten Theorien lassen sich dadurch nicht stören und die schärfsten Einwände bleiben unbeachtet, wie auch die neuesten Schriften von *H. E. Ziegler, O. Hertwig, Plate* u. a. beweisen. Und der Grund ist leider ein sehr ernster: Eine wirklich exakte, dem Stande unserer heutigen physiologischen Erkenntnis entsprechende Behandlung der Vererbungsprobleme, die doch ihrer Hauptsache nach *physiologische Probleme* sind, setzt ein beträchtliches Maß physikalisch-chemischer und physiologischer Schulung voraus, und *diese Schulung fehlt den genannten Morphologen in weitgehendem Maße*. Sie scheinen die ihnen gemachten Einwände zum größten Teil nicht zu verstehen und sich einer Diskussion über sie nicht gewachsen zu fühlen. *Es ist aber wirklich an der Zeit, daß die Morphologen, die sich mit den allgemeinen Vererbungsfragen befassen, sich zu diesem Zweck die erforderliche physiologische Vorbildung verschaffen*. Gewiß ist es bei der heutigen unvermeidlichen weitgehenden wissenschaftlichen Arbeitsteilung nicht möglich, daß der Morphologe auch vollständiger Physiologe sei, ebenso wie auch das Umgekehrte nicht zu verlangen ist; wer aber an so umfassenden, weit in das physiologische Gebiet hineinreichenden Theorien, wie denen der Entwicklung und Vererbung, mitarbeiten will, der braucht unbedingt ein gewisses Minimum von physiologischer Vorbildung.

Leider gibt es unter den Tierphysiologen kaum einen, der die Entwicklung und Vererbung als Hauptgebiet seiner experimentellen Forschung gewählt hätte, obgleich das in höchstem Maße wünschenswert wäre. Dagegen haben sich manche Pflanzenphysiologen auf diesem Felde, besonders auch durch die Vertretung eines wirklich physiologischen Standpunktes, große Verdienste erworben, wie z. B. *W. W. Johannsen*, während freilich andere Botaniker mit ihren Speku-

lationen über Vererbung noch in einseitig morphologischen Fesseln liegen, wie die *de Vriessche* Pangenesis-theorie zeigt.

Wie wenig die Vertreter der Chromosomentheorie den physiologischen Standpunkt verstehen, zeigt in interessanter Weise die Stellungnahme *Zieglers* zu den Anschauungen von *W. Johannsen*. *Ziegler* vermag keinen Unterschied zwischen diesen beiden Anschauungen anzugeben⁴⁾. Und doch gähnt in Wirklichkeit ein Abgrund zwischen ihnen, der in dem ganzen Buche *Johannsens*²⁾ über Erblchkeitslehre bald mehr, bald weniger offen hervortritt. Man beachte z. B. die Seiten 144 f., 482 f., 605 und 666, wo die einseitig morphologischen Theorien eine scharfe Absage erfahren.

Durch meine Kritik der Chromosomentheorie soll, wie nochmals betont sei, durchaus nicht geleugnet werden, daß neben vielen anderen Zellbestandteilen auch den Chromosomen wahrscheinlich eine maßgebende Rolle bei der Entwicklung und Vererbung zukommt. Denn gerade *feste „Phasen“* erscheinen besonders geeignet, um die Bedingungen zu liefern für das Zustandekommen der langen Reihen der langsam, im Laufe beträchtlicher Zeiten aufeinanderfolgenden, immer komplizierter werdenden Entwicklungsstadien eines Organismus sowie all der Variationen der verschiedenen Individuen und Arten. Es mag auch sehr wohl sein, daß die Chromosomen zum Teil vielleicht derart qualitativ verschieden sind, daß es von dem Vorhandensein dieses oder jenes Chromosoms abhängt, ob im entwickelten Organismus diese oder jene Eigenschaft zum Vorschein kommt.

III. Zum Problem der phylogenetischen Entwicklung.

Einige Bemerkungen muß ich ferner knüpfen an die Stellungnahme *Zieglers* zu dem großen Problem der phylogenetischen Entwicklung. Dieses ist nur ziemlich beiläufig in dem 80 Seiten umfassenden Abschnitt über „Variabilität“ behandelt. Und doch gewinnt die Variabilität ihre Bedeutung und ihr Interesse neben ihrer Verwertbarkeit in der statistischen Biologie und praktischen Statistik ganz vorwiegend durch ihre Beziehungen zum Hautproblem der Phylogenie, nämlich dem Problem der *fortschreitenden organismischen Entwicklung von den einfacheren Organismen zu den komplizierteren*. Wenn *Ziegler* so ausführlich auf die Variabilität und die mit ihr zusammenhängenden Fragen einging, so mußte er meines Erachtens jenes alles beherrschende Problem vor allem herausarbeiten und seinen Lesern darbieten; jenes Problem, das man recht anschaulich in spezieller Formulierung so fassen kann: Wie sind im Laufe der Erdentwicklung aus

¹⁾ Siehe besonders: *P. Jensen*, Organische Zweckmäßigkeit, Entwicklung und Vererbung, vom Standpunkte der Physiologie, S. 55 ff., Jena 1907.

⁴⁾ Siehe S. 159, Anm. 1 des *Zieglerschen* Buches.

²⁾ *W. Johannsen*, Elemente der exakten Erblchkeitslehre, II. Aufl., Jena 1913.

amphibienartigen Tieren die Reptilien, aus reptilienartigen die Vögel hervorgegangen usw. usw.?

Warum hat Ziegler das unterlassen? Vielleicht deshalb, weil er nichts Befriedigendes darüber zu sagen weiß? Man erfährt wohl gelegentlich, daß er auf dem alten, viel angefochtenen Standpunkt steht, daß die „fluktuierende Variabilität“, soweit sie erblich bedingt ist, zusammen mit der Selektion die phylogenetische Entwicklung zustande bringt. Die zahlreichen und zum Teil unwiderlegbaren Einwände gegen diese Anschauung werden von Ziegler entweder ganz leicht genommen oder ignoriert. Gegen seine Ablehnung des Lamarckismus und Neolamarckismus ist zwar nichts einzuwenden; Ziegler befiehlt hier besonders auch O. Hertwig, der in zahlreichen, meist an einem größeren Leserkreis sich wendenden Schriften seine unphysiologische lamarckistische „Biogenesistheorie“ zu verbreiten bestrebt ist, ohne selbst die schärfsten Einwände¹⁾ gegen diese zu beachten. Und mit derselben Leichtigkeit geht auch Ziegler über die an der Darwinschen Selektionstheorie geübte eindringliche Kritik hinweg. Neben vielen anderen Autoren habe ich es mir vor mehr als 12 Jahren besonders angelegen sein lassen, gegenüber den Irrtümern des Lamarckismus, wie sie O. Hertwig u. a. vertreten, und gegenüber dem von vielen Autoren wie Ziegler, Plate u. a. in seiner Tragweite viel zu hoch eingeschätzten Darwinismus das Problem der Selektion im Zusammenhang mit dem der Phylogenie vom Standpunkte der Physiologie und der exakten Naturwissenschaften scharf zu beleuchten und eingehend zu behandeln. Durch Herausarbeitung des Begriffes der „fortschreitenden Variabilität“ oder besser der phylogenetischen Entwicklungsfähigkeit und durch die Nachweisung einer chemisch-physikalischen, viel umfassenderen Selektion, als sie der Darwinismus kennt, unternahm ich es, zu zeigen, wie sich unter vorurteilsfreier Berücksichtigung der inneren und äußeren Faktoren der Entwicklung zurzeit eine brauchbare, exakt-naturwissenschaftliche Theorie der phylogenetischen Entwicklung gewinnen läßt²⁾. Später habe ich diese Theorie nochmals kurz zusammengefaßt und besonders auch wieder auf die unsinnigen Konsequenzen hingewiesen, die sich ergeben, wenn man, in rückständigen Anschauungen befangen, bei der Erklärung der Stammesentwicklung statt mit einer exakt definierbaren phylogenetischen Entwicklungsfähigkeit der Organismen (oder mit einer „bestimmt gerichteten, fortschreitenden Variabilität“) mit einer „universellen“ oder „fluktuierenden Variabilität“ rechnet. Soviel mir bekannt geworden ist, hat von den von mir kritisierten Autoren

allein Plate erwidert, freilich nur um zu dokumentieren, daß er einer physiologischen Betrachtungsweise dieses vorwiegend physiologischen Problems verständnislos gegenübersteht. Obgleich ich in eingehender Weise, mit Anwendung der einfachsten physikalischen Prinzipien und unter Veranschaulichung durch einfache physikalische Beispiele³⁾, gezeigt habe, wie man sich die Entwicklung eines „freien“ oder „abgeschlossenen“ materiellen Systems allein vermöge seiner „inneren Faktoren“ streng physikalisch-chemisch zustandekommen denken kann, bringt Plate²⁾ es fertig, mir ein Hinneigen zu der Nägelschen Lehre vom „Vervollkommnungstrieb“ zu imputieren, obgleich ich gerade der Ablehnung dieser wie aller falschen Teleologie in meiner Schrift ein großes Kapitel gewidmet hatte Und von dieser oberflächlichen Art ist auch im übrigen seine Stellungnahme zu meiner Kritik. Plate und die anderen dort kritisierten Forscher hätten gut daran getan, mein Buch gründlich zu studieren; sie könnten sehr viel aus ihm lernen, wenn gewiß auch manches darin steht, worüber man mit Recht verschiedener Meinung sein mag.

Die Darstellung der Variabilität und der individuellen Variationen der Organismen leitet Ziegler dann über zu Betrachtungen über die individuelle Ungleichheit der Menschen und ihre Bedeutung für Soziologie und Politik. Auf die hierbei zum Ausdruck gelangende Meinung, daß die naturwissenschaftliche Erkenntnis zu einer Ablehnung der demokratischen Gesinnung und Politik nötige, werde ich ein andermal zurückkommen.

Die Untersuchungen des Barons Roland v. Eötvös über die Kapillarität.

Von Obergeophysiker Dr. Desider Pekár,
Budapest.

Zu Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn befaßte sich Baron Roland v. Eötvös in erster Reihe mit der Kapillarität. Seine diesbezüglichen Untersuchungen begann er im Jahre 1875, machte darüber zeitweise der ungarischen Akademie der Wissenschaften Mitteilung und veröffentlichte auch einige Abhandlungen in ungarischer Sprache. Diese systematisch durchgeführten Versuche ergaben als Endresultat das seinem Entdecker zu Ehren benannte Eötvössche Gesetz, welches den Zusammenhang der Oberflächenspannung der Flüssigkeiten mit dem Molekularvolumen bzw. Molekulargewicht derselben bestimmt. Eötvös legte seine Abhandlung, in der er diesen Satz aufstellt, der Ungarischen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1886 vor; noch im selben Jahre erschien die Abhandlung

¹⁾ P. Jensen, Organische Zweckmäßigkeit, Entwicklung und Vererbung, vom Standpunkte der Physiologie. S. 20 ff., Jena 1907.

²⁾ P. Jensen, Organische Zweckmäßigkeit usw. S. 19 ff. und 188 ff.

P. Jensen, „Leben“. Handwörterb. d. Naturwiss. Bd. VI, S. 84 ff., Jena 1912.

³⁾ Siehe Jensen, Organische Zweckmäßigkeit usw. S. 182 ff., 192 ff., 207 ff. usw.

²⁾ L. Plate, Selektionsprinzip und Probleme der Artbildung, III. Aufl., S. 382, Leipzig 1908.

sowohl in ungarischer als auch in deutscher Sprache¹⁾.

Bekanntlich wird bezüglich der Flüssigkeiten eine Reihe von Erscheinungen als Kapillarität zusammengefaßt. So nimmt im Glase die Oberfläche des Wassers eine eigentümlich konkave Gestalt an, während Quecksilber eine konvexe Oberfläche besitzt. In Glasröhren von geringem Durchmesser, sogenannten Kapillaren, steigen das Glas benetzende Flüssigkeiten, z. B. Wasser, empor; Flüssigkeiten wie Quecksilber hingegen, die das Glas nicht benetzen, sinken. Die Flüssigkeiten sind stets bestrebt, die Kugelform, als Gestalt mit geringster Oberfläche, anzunehmen: die Tropfen sind kugelförmig. Bei größeren Flüssigkeitsmengen wird die Ausbildung der Kugelform durch die Schwerkraft gestört, doch lassen sich mittels geeigneter Einrichtungen auch größere Flüssigkeiten in Kugelgestalt darstellen. Auch die interessanten und wechselvollen Erscheinungen der Flüssigkeitslamellen weisen auf das Streben nach möglichster Verminderung der Oberflächen hin. Auf der Oberfläche von Flüssigkeiten schwimmende Körper lassen sich durch partielle Änderung der Beschaffenheit der Oberfläche in Bewegung setzen. Der mit Benzin in unrichtiger Weise behandelte Fleck läuft zu nicht geringem Ärger unserer Hausfrauen auseinander usw. usw. Alle diese anscheinend so verschiedenen kapillaren Erscheinungen finden eine einheitliche Erklärung und sind quantitativ ableitbar, sofern man eine an der Oberfläche der Flüssigkeiten wirkende Kraft annimmt, die das Bestreben hat, die Oberfläche zu verkleinern. Als Maß dieser Kraft dient die *Oberflächenspannung*, unter welcher Bezeichnung die an der Oberfläche der Flüssigkeit der Längeneinheit entlang wirkende Spannkraft zu verstehen ist.

Diese Oberflächenspannung α ist folgendermaßen zu formulieren:

$$\alpha = \frac{a^2}{2} (s - \sigma) g,$$

wo $(s - \sigma)$ den Dichtenunterschied der Flüssigkeit und des umgebenden Mediums, g die Beschleunigung der Schwerkraft, a^2 die *Kapillaritätskonstante* bedeutet. Diese Konstante ist eigentlich gleich dem Produkt der Steighöhe der Flüssigkeitssäule in den Kapillaren mit dem Radius der Kapillare und wird deshalb als zweidimensionale Größe mit a^2 bezeichnet.

Die Oberflächenspannung ist eine charakteristische Konstante der Substanz selbst, ihr Wert ist aber auch noch von der Temperatur abhängig. Auf eine Beschreibung der verschiedenen zur Be-

stimmung der Oberflächenspannung bzw. der Kapillaritätskonstante dienenden Methoden einzugehen, ist hier nicht angebracht. Es genügt, hervorzuheben, daß die verschiedenen Methoden bezüglich ein und derselben Substanz ziemlich abweichende Resultate ergeben haben, ja in vielen Fällen sogar die mittels gleicher Methode bestimmten Werte nicht genügend übereinstimmen. Es ist gerade das erste Verdienst des Barons v. Eötvös auf diesem Gebiet, daß er gleich zu Beginn seiner Untersuchungen über die Kapillarität den unaufhebbaren Beweis erbrachte, daß diese Abweichungen eine Folge der aus der Atmosphäre auf die Oberfläche der Flüssigkeiten gelangenden Verunreinigungen seien. Er führte nämlich seine kapillaren Bestimmungen in völlig geschlossenen, zugeschmolzenen Glasgefäßen bzw. Glasröhren aus, wobei sich die Oberflächenspannung der einzelnen Flüssigkeiten tatsächlich als eine nur von der Temperatur abhängige Konstante von bestimmtem Werte erwiesen hat.

Bei der Ausführung der Messungen bediente sich Eötvös einer eigens zu diesem Zweck erdachten und ausgearbeiteten Methode, der *Eötvöschen Reflexionsmethode*¹⁾, die ich hier, da sie verhältnismäßig wenig bekannt ist, etwas eingehender beschreibe.

Das Verfahren ist in seinen Hauptzügen folgendes: Unter dem Niveau der in die unverhältnismäßig groß gezeichnete vertikale Rohre B (Fig. 1) eingeschlossenen Flüssigkeit ist in A_1 und A_2 je eine Lichtquelle bzw. ein belichteter horizontaler Spalt angebracht. Das Fernrohr des auf Seite A befindlichen Kathetometers wird horizontal auf den Meniskus eingestellt, wobei in dem-

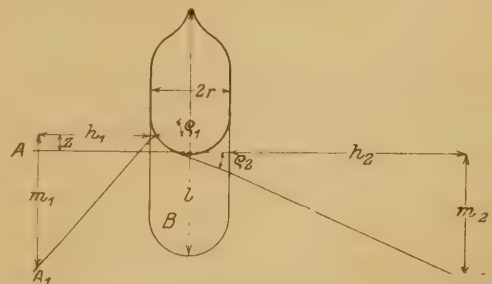


Fig. 1. Eötvösche Reflexionsmethode zur Messung der Kapillaritätskonstanten.

selben das durch die Meniskusfläche reflektierte Bild des Spaltes A_1 bzw. A_2 sichtbar wird. Man bezeichne den vertikalen Abstand der beiden durch den oberen bzw. unteren Teil des Meniskus reflektierten Spaltbildes mit z . Die Größe z beträgt insgesamt einige Millimeter und wird mit der

¹⁾ Bárá Eötvös Loránd, A folyadék felületi feszültsége és vegyi alkata közötti kapcsolatrol. Matematikai és Természettudományi Értesítő, IV. kötet, 1886.

R. Eötvös, Über den Zusammenhang der Oberflächenspannung der Flüssigkeiten mit ihrem Molekularvolumen. Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge, Band XXVII, 1886.

¹⁾ Eötvös hat sein Verfahren 1876 in ungarischer Sprache im ersten Bande der *Polytechnischen Blätter* (Műgyetemi Lapok) veröffentlicht; auch in der bereits zitierten, 1886 in den *Annalen der Physik und Chemie* erschienenen Abhandlung findet sich eine kurze Beschreibung desselben.

Mikrometerschraube des Kathetometers gemessen. Ferner bezeichne man die beiden Winkel, die der aus A_1 bzw. A_2 austretende Lichtstrahl in der Nähe des Meniskus, also innerhalb der Flüssigkeit mit der Horizontalen bildet, mit α_1 bzw. α_2 , die mit den entsprechenden Einfallswinkeln in einfachem Zusammenhange stehen. Der Wert von α_1 und α_2 ist natürlich außer von der Lage von A_1 und A_2 auch noch vom Brechungsverhältnis der Flüssigkeit abhängig.

Sind die Werte der Einfallswinkel und die gemessene Größe von z bekannt, so gestattet die Theorie nur in dem Falle die Kapillaritätskonstante mit völliger Genauigkeit zu bestimmen, wenn die Wand des Gefäßes plan ist, was eigentlich einem Rohre mit unendlich großem Durchmesser entsprechen würde. Doch läßt sich das Problem mit genügender Annäherung auch dann lösen, wenn der Rohrdurchmesser verhältnismäßig groß ist und etwa 80–100 mm beträgt. Eötvös benutzte zu diesem Zweck Glaskolben. An Rohren von kleinerem Durchmesser, etwa 10–20 mm, wie sie auch Eötvös bei seinen Versuchen mehrfach verwendete, läßt sich die Kapillaritätskonstante auf vergleichendem Wege bestimmen.

Zu diesem Zweck sind mit Beachtung des Brechungsverhältnisses die Spalten A_1 und A_2 derart einzustellen, daß α_1 und α_2 , jedes besonders, stets den gleichen Wert besitzt. In diesem Fall läßt sich für zwei verschiedene Flüssigkeiten auf Grund der Theorie nachweisen, daß, wenn $z/r = z'/r'$, dann auch $a/r = a'/r'$ besteht, wo r und r' die Radien der Röhren, a und a' die Quadratwurzel aus den Kapillaritätskonstanten bezeichnen. Ist also für eine beliebige Flüssigkeit die Proportion z/r festgestellt, so ist für eine Flüssigkeit mit bekannter Kapillaritätskonstante eine Röhre mit entsprechendem Radius zu suchen, daß die Proportion z/r' den gleichen Wert erreiche; dann läßt sich aus der oben angegebenen zweiten Gleichung die Kapillaritätskonstante auch der ersten Flüssigkeit leicht berechnen.

Eötvös bediente sich zur Vergleichung mit Wasser gefüllter Röhren von verschiedenem Durchmesser, nachdem er die Kapillaritätskonstante des Wassers selbst und ihre Abhängigkeit von der Temperatur durch sorgfältig durchgeführte Messungen in Glaskolben von großem Durchmesser festgestellt hatte. Das Verfahren läßt sich noch vereinfachen, indem man für die festgestellten Werte der konstanten α_1 und α_2 mittels wassergefüllter Röhren geeignete Interpolationsformeln ausarbeitet, die für den beobachteten Wert von z/r den korrespondierenden Wert von a/r und so unmittelbar die Kapillaritätskonstante selbst ergeben.

Um die Spalte richtig einzustellen, muß das Brechungsverhältnis der eingeschlossenen Flüssigkeit bekannt sein, zu dessen Bestimmung Eötvös ein besonderes Verfahren erfunden hat, das später unabhängig von ihm Galitzin unter dem Titel

„Méthode de la lentille“ veröffentlicht hat. Um ferner aus der bestimmten Kapillaritätskonstante die Oberflächenspannung berechnen zu können, ist noch die Dichte der in dem Rohre eingeschlossenen Flüssigkeit und des Dampfes zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurde von Eötvös bezüglich zweier die gleiche Flüssigkeit enthaltenen Rohre die Menge der darin enthaltenen Substanz, das Volumen von Flüssigkeit und Dampf gemessen, woraus er die Dichte berechnen konnte¹⁾.

Der große Vorteil der Reflexionsmethode anderen Verfahren gegenüber besteht darin, daß, wie bereits erwähnt, die Messungen in völlig geschlossenen Röhren vorgenommen und so für die Kapillaritätskonstanten bestimmte, sichere Werte gewonnen werden. Ein weiterer Vorzug ist die Möglichkeit, an derart in Röhren eingeschlossenen Flüssigkeiten die Kapillaritätskonstanten auch bei Temperaturen über den Siedepunkt hinaus bis zur kritischen Temperatur messen zu können. Die kritische Temperatur bildet bekanntlich eine ebenfalls wichtige, charakteristische Konstante der Flüssigkeiten, unterhalb der dieselben sowohl im flüssigen als im gasförmigen Aggregatzustande, oberhalb der sie aber nur als Gase bestehen können. Es ist dies die Temperatur, bei welcher die Dichte der Flüssigkeit und ihres gesättigten Dampfes sich ausgleicht, die Verschiedenheit der beiden Zustände somit aufhört. So war dieses Verfahren vorzüglich geeignet, die Änderung der Oberflächenspannung mit steigender Temperatur zu beobachten, so daß Eötvös derart imstande war, für sein theoretisch abgeleitetes Gesetz den experimentellen Nachweis zu liefern.

Van der Waals hat als erster darauf hingewiesen, daß man die physikalischen und chemischen Eigenschaften verschiedener Körper nicht bei gleicher, beliebig gewählter Temperatur miteinander vergleichen dürfe. Er führt aus, daß die Vergleichung nur bei Temperaturen statthaft sei, wo sich die Substanzen im „entsprechenden Zustande“ befinden, d. h. bei solchen absoluten (von -273°C . gerechneten) Temperaturen, die den gleichen Bruchteil der absolut kritischen Temperaturen der betreffenden Substanzen ausmachen. Eötvös hat sein Gesetz über die Oberflächenspannung der Flüssigkeiten auf Grund einer von der van der Waals' abweichenden Definition der entsprechenden Zustände auf theoretischem Wege abgeleitet, wobei er von der Voraussetzung ausging, „daß Körper, welche sich im entsprechenden Zustande, also im Zustande ähnlicher Zusammensetzung befinden, auch im mechanischen Sinne ähnlich seien, nämlich bezüglich der zwischen ihren entsprechenden Teilen wirkenden

¹⁾ Auf die Details der Bestimmung von Brechungsverhältnis und Dichte kann ich nicht eingehen. Eine genügend ausführliche Beschreibung findet man in folgender Abhandlung: Desider Pekár, Über die molekulare Oberflächenenergie der Lösungen. Zeitschrift für physikalische Chemie XXXIX, 4, 1902.

Kräfte und deren Energien“. Die Ableitung auszuführen, ist hier nicht angebracht, weshalb ich mich auf das bloße Resultat, den abgeleiteten Satz selbst beschränke.

Es bedeute v das Molekularvolumen der Flüssigkeit, d. h. den durch das Molekulargewicht des Körpers erfüllten Raum, dessen Wert durch den Quotienten des Molekulargewichtes und der Dichte gegeben ist:

$$v = \frac{\mu}{s},$$

wo μ das Molekulargewicht der Flüssigkeit und s ihre Dichte bezeichnet. Die Kubikwurzel aus dem Quadrat des Molekularvolumens, also $v^{\frac{2}{3}}$, ergibt die Molekularoberfläche. Das Produkt der Oberflächenspannung und der Molekularoberfläche gibt die *molekulare Oberflächenenergie* $\alpha v^{\frac{2}{3}}$, bezüglich deren Eötvös auf theoretischem Wege folgenden Satz abgeleitet hat:

$$\frac{d(\alpha v^{\frac{2}{3}})}{dt} = k$$

$$\text{oder } \frac{\Delta(\alpha v^{\frac{2}{3}})}{\Delta t} = \frac{\alpha_1 v_1^{\frac{2}{3}} - \alpha_2 v_2^{\frac{2}{3}}}{t_2 - t_1} = k,$$

wo t die Temperatur und k eine Konstante von gleichem Wert für verschiedene Flüssigkeiten bezeichnet. Es ist jedoch hervorzuheben, daß laut der theoretischen Ableitung dieser Satz nur für den Fall gültig ist, wenn die Moleküle der Flüssigkeit und ihres Dampfes von gleicher Masse sind. Die Flüssigkeiten, welche dieser Bedingung tatsächlich entsprechen, nannte Eötvös „*einfach zusammengesetzte Flüssigkeiten*“. Diesem Gesetze nach ändert sich also die *molekulare Oberflächenenergie der verschiedenen einfach zusammengesetzten Flüssigkeiten mit der Temperatur proportional und gleichmäßig*.

Eötvös hat dies Gesetz durch Messungen an zahlreichen Flüssigkeiten bestätigt und die Konstante selbst zu $k = 0,227$ gefunden, und zwar in einem Maßsystem ausgedrückt, in welchem als Einheit der Oberflächenspannung jene Spannung dient, welche an der Oberfläche der Flüssigkeit auf die Länge von 1 mm eine dem Gewichte eines Milligramms gleichkommende Kraft ausübt.

Bei einigen Flüssigkeiten, so Wasser, Alkoholen und Fettsäuren, bleibt der Wert von k unter dem normalen und ändert sich mit der Temperatur. Dieses Verhalten läßt sich auf einfache Weise mit der Annahme erklären, daß diese Flüssigkeiten keine einfach zusammengesetzten seien, die Moleküle im flüssigen Zustande eine größere Masse besäßen als im Dampf, d. h. sich in der Flüssigkeit zu gewissen Molekülkomplexen assoziieren und der Grad dieses Assoziationsprozesses der Temperatur gemäß variere. Eben deshalb nennt man derartige Substanzen „*assoziierende Flüssigkeiten*“.

Als Beispiel gebe ich im folgenden die von Eötvös bezüglich des Äthylalkohols gewonnenen Werte:

von 21° C bis 78° C	beträgt	$k = 0,104$
„ 78° C „ 108° C	„	$k = 0,136$
„ 108° C „ 138° C	„	$k = 0,159$
„ 138° C „ 168° C	„	$k = 0,183$
„ 168° C „ 199° C	„	$k = 0,202$
„ 199° C „ 236° C	„	$k = 0,226$

Diese Werte scheinen dafür zu sprechen, daß die Moleküle des Äthylalkohols bei niedriger Temperatur zusammengesetzt seien und infolge Erwärmung eine kontinuierlich fortschreitende Dissoziation erleiden, die bei ungefähr 200° C vollendet ist, da oberhalb dieser Temperatur k bereits den normalen Wert annimmt.

Den obenerwähnten bekannten Zusammenhang zwischen Molekularvolumen und Molekulargewicht in Betracht gezogen, läßt sich aus dem Eötvösschen Satze bezüglich des Molekulargewichts μ der Flüssigkeit selbst folgender Zusammenhang ableiten:

$$\mu = \left[\frac{k(t_2 - t_1)}{\frac{\alpha_1}{s_1^{\frac{2}{3}}} - \frac{\alpha_2}{s_2^{\frac{2}{3}}}} \right]^{3/2}$$

Auf Grund des Gesetzes von Eötvös ist also mittels kapillarer Beobachtungen bei verschiedenen Temperaturen das Molekulargewicht der Flüssigkeiten zu bestimmen. Es ist gerade eine der wichtigsten Bedeutungen dieser Bestimmung, daß auf diesem Wege das Molekulargewicht der Flüssigkeiten als solches zu ermitteln ist und sich daraus bezüglich der Assoziation der Moleküle Schlüsse ziehen lassen.

Bereits Eötvös hat nachgewiesen, daß sein Gesetz auch für die Mischung von Schwefelkohlenstoff und Äther gültig sei, wobei das Molekularvolumen den Mischungsverhältnissen entsprechend in Berechnung zu ziehen ist. Später haben auch andere, darunter auch ich, derartige Versuche vorgenommen, aus denen erhelte, daß Eötvös' Gesetz auch für Mischungen und Lösungen gültig sei. Auf diesem Wege ist somit auch das Molekulargewicht gelöster Substanzen zu bestimmen.

Eötvös hat sein Gesetz auch in anderer Weise formuliert. Bezeichnet man nämlich mit T_0 die absolute Temperatur, bei welcher $\alpha v^{\frac{2}{3}} = 0$, also bei welcher die Oberflächenspannung gleich 0 ist, so ist das Gesetz folgendermaßen zu schreiben:

$$\alpha v^{\frac{2}{3}} = k(T_0 - T) = 0,227(T_0 - T).$$

Bezüglich dieser Temperatur T_0 stellt Eötvös auf Grund seiner Versuche nun folgendes fest: Es „scheint diese Temperatur mit der kritischen zusammenzufallen oder wenigstens nicht weit davon entfernt zu sein“.

Demgemäß ist somit die *molekulare Oberflächenenergie der Flüssigkeiten mit den von T_0 in obiger Definition (annähernd von der kritischen Temperatur) nach abwärts gerechneten Temperaturen proportional*. In diesem Sinne bildet das Gesetz eine vollkommene Analogie des bekannten Gesetzes der Gase, laut dem die molekulare Volumenenergie der Gase der vom absoluten

Nullpunkt ab gerechneten Temperatur proportional ist:

$$p v = R T,$$

wo R eine Konstante bedeutet, die für sämtliche Gase den gleichen Wert besitzt.

Erwähnenswert ist, daß Ramsay in einer 1893 erschienenen Abhandlung eine „neue Methode“ beschrieb, die geeignet sei, über den molekularen Zustand der Flüssigkeiten Aufklärung zu geben. Diese neue Methode ist im wesentlichen nichts anderes als das *Eötvössche Gesetz*, welches Eötvös selbst bereits im Jahre 1886 veröffentlicht hat. Ramsay waren die Untersuchungen Eötvös' bekannt; in seiner Abhandlung befaßt er sich eingehend damit. Er bringt das Gesetz in etwas veränderter Form, und zwar mit anderen Benennungen, folgendermaßen:

$$\gamma (M v)^{\frac{2}{3}} = K (\tau - d),$$

wo γ die Oberflächenspannung, M das Molekulargewicht, v das spezifische Volumen, τ die vom kritischen Punkte ab gerechnete Temperatur und d eine Konstante bedeutet, deren Wert um 6° schwankt. Ramsay sieht zwischen seiner und der Eötvösschen Gleichung einen wesentlichen Unterschied, wo doch ein solcher tatsächlich nicht vorhanden ist.

Die linke Seite der Gleichung bedeutet mit anderer Benennung ebenfalls die molekulare Oberflächenenergie, die Eötvös mit $\alpha v^{\frac{2}{3}}$ bezeichnet (die Bedeutung von v ist in den zwei Gleichungen eine verschiedene!); auf der rechten Seite ist τ gleich dem Ausdruck $(T_0 - T)$ in der Eötvösschen Formel. Ein Unterschied besteht somit nur in der Einführung der Konstante d , die einfach bedeutet, daß die Temperatur T_0 nicht mit der kritischen Temperatur zusammenfalle, sondern einige Grade tiefer liege. Eötvös selbst hat sich, wie bereits oben zitiert, über die Temperatur T_0 auf Grund seiner Versuche nicht mit völliger Bestimmtheit geäußert. In seiner Äußerung ist auch die Ramsaysche Auffassung mit enthalten! Übrigens berührt dies das Wesen der Sache nicht, da es nichts weiter bedeutet, als daß in unmittelbarer Nähe der kritischen Temperatur die molekulare Oberflächenenergie nicht mehr linear variiert, das Eötvössche Gesetz also hier keine Gültigkeit mehr hat. Ramsay hat also eigentlich die Gültigkeit des Eötvösschen Satzes durch seine Experimente mit neueren Beiträgen bestätigt und als neues Resultat endgültig nachgewiesen, daß die Temperatur T_0 nicht völlig mit der kritischen Temperatur zusammenfalle. Zur Auffindung des Satzes trug er demnach überhaupt nicht bei, wohl aber erreichte er mit der Bezeichnung der „neuen Methode“, daß in der Literatur das *Eötvössche Gesetz* von einigen Seiten irrigerweise als *Eötvös-Ramsaysches Gesetz* angesprochen wird.

Die Untersuchungen Ramsays berühren übrigens bloß die zweite Formulierung des Eötvösschen Satzes; vom rein experimentellen Standpunkt aus ist aber die erste Formulierung die

unmittelbarere und wichtigere. So ist hervorzuheben, daß das Eötvössche Gesetz zur Bestimmung des Molekulargewichtes auf experimentellem Wege in seiner ersten Formulierung viel geeigneter ist, da diese die kritische Temperatur, die verhältnismäßig ungenau zu bestimmen ist, nicht enthält.

Eötvös hat sich auch mit anderen Erscheinungen der Oberflächenspannung befaßt, so mit der Tropfenbildung, mit den Erscheinungen der Flüssigkeitslamellen, mit der Bewegung von auf der Oberfläche der Flüssigkeiten schwimmenden Körpern. Mit seiner Reflexionsmethode untersuchte er auch die an der Berührungsfläche miteinander in Kontakt stehender Flüssigkeiten auftretenden kapillaren Kräfte. Speziell befaßte er sich mit der Oberflächenspannung des mit verdünnter Schwefelsäure bedeckten Quecksilbers sowie mit deren infolge elektrischer Polarisation eintretenden Veränderungen. Seinen Messungen zufolge variiert die Oberflächenspannung auf 1 mm bezogen bis zu 30–44 mg Gewicht, je nachdem die Quecksilberfläche als positive oder negative Elektrode dient, also je nachdem sie mit Oxygen oder Hydrogen polarisiert ist.

Mit Benutzung dieser Erscheinungen konstruierte er noch im Jahre 1882 ein niedliches kleines Instrument zu Vorlesungszwecken, einen kleinen, durch kapillare Kräfte in Bewegung gesetzten Motor (Fig. 2). Das Quecksilber in der Schüssel T ist mit verdünnter Schwefelsäure bedeckt. Auf dem Quecksilber schwimmen zwei kreissektorförmige Glasscheiben, die miteinander durch das Metallband $ABCD$ derart verbunden sind, daß der ganze Schwimmapparat um den Punkt O rotieren kann. Am Rande der Schwimmer sind die in der Figur mit a, b, c, d bezeichneten

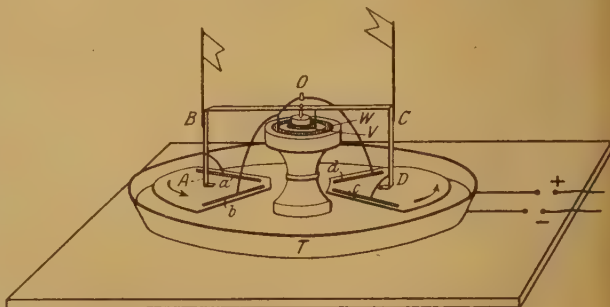


Fig. 2. Rotationsapparat zum Nachweis einer Verschiedenheit der Spannung auf derselben Flüssigkeitsoberfläche.

Platinstreifen angebracht, denen durch die Quecksilberrinnen V und W der Strom von zwei hintereinander geschalteten Akkumulatoren zugeleitet wird, so daß der Strom am Platinstreifenpaar der einen Diagonale eintritt und am anderen austritt. An dem einen Streifenpaar wird Oxygen, am anderen Hydrogen abgeschieden, und unter dem Einfluß der Differenz in der Oberflächenspannung werden die Glasscheiben, der Motor in rotierende Bewegung gesetzt. Wird der Strom kom-

mutiert, so wird auch die Richtung der Rotation eine entgegengesetzte.

*

Wie aus dem Gesagten ersichtlich, führten die Untersuchungen *Eötvös'* über die Kapillarität zu interessanten und wichtigen Resultaten. Die Methoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung wurden durch ihn mit einer neuen, der *Reflexionsmethode* bereichert, die bezüglich der Kapillaritätskonstante bestimmte und sichere Werte ergibt, und mittels der sich diese Werte auch bei Temperaturen über dem Siedepunkt der Flüssigkeiten bestimmen lassen. Ferner stellte er ein grundlegendes Gesetz von großer Tragweite auf bezüglich der Oberflächenenergie der Flüssigkeiten, welches zur Bestimmung des Molekulargewichtes der Flüssigkeiten als solches und so zur Untersuchung der Assoziationserscheinungen der Moleküle in denselben vorzüglich geeignet ist. Für die weit reichende Bedeutung des *Eötvös'schen Gesetzes* zeugt am klarsten der Stab von ausgezeichneten Physikern und Chemikern, die sich mit demselben sowohl in seinen theoretischen als auch praktischen Beziehungen seither befaßt haben.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zum Ursprung der durchdringenden Höhenstrahlung.

Herr *Kolhörster* hat kürzlich in dieser Zeitschrift (S. 412/5) den Bericht des Herrn *Ludwig* in dankenswerter Weise ergänzt und dabei auch die Frage des Ursprungs der von oben kommenden, durchdringenden Höhenstrahlung gestreift. Hierbei wurde auf die gegen ein *direktes* Zurückführen letzterer auf unsere Sonne sprechenden Punkte hingewiesen, dabei wurde aber die Möglichkeit ihrer Erklärung als *Sekundärstrahlung einer in der Erdatmosphäre gebremsten solaren Korpuskularstrahlung* offen gelassen. Ich habe der letzteren Problemstellung bereits vor mehreren Jahren meine Aufmerksamkeit zugewandt und möchte im nachstehenden die sich ergebenden Fragen kurz erörtern.

Die moderne Theorie der magnetischen Stürme und der Polarlichter, wie sie insbesondere von *K. Birkeland*, *C. Störmer*, *P. Lenard* und *L. Vegard* entwickelt ist, läßt sehr schnell bewegte elektrisch geladene Teilchen von der Sonne ausgehen (Elektronen, α -Teilchen). Die durch das magnetische Feld der Erde abgelenkten Teilchen schlagen z. T. sehr verwickelte Bahnen ein; uns interessieren in erster Linie die in die Erdatmosphäre eindringenden Teilchen. Am dichtesten findet diese *Einwanderung in einer ringförmigen Zone um die magnetische Achse der Erde* statt; doch können die geladenen Teilchen auch in die übrigen Teile der irdischen Lufthülle hineingeraten (vgl. den Bericht von *L. Vegard* in JB. d. Rad. u. El. Band 14). Damit es hierzu überhaupt kommen kann, ist eine entsprechend günstige Lage der Ursprungsgebiete der Korpuskularstrahlung auf der Sonne — der Stellen solarer eruptiver Tätigkeit, wie Sonnenflecken, insbesondere Sonnenfackeln — in bezug auf die Erde nötig. Des weiteren muß die Teilchengeschwindigkeit mindestens 6×10^7 cm/sec betragen, um die Gravitationsanziehung der Sonne zu überwinden.

Zur Erklärung der durchdringenden Höhenstrahlung können die wohl die Polarlichter erzeugenden positiven

Korpuskularstrahlen der Sonne direkt kaum herangezogen werden — in Anbetracht der geringen Stärke und Härte der durch sie hervorruhbaren *Röntgenstrahlen*. Wohl aber die Elektronen solaren Ursprungs, welche *Birkeland* für die magnetischen Variationen, Störungen und Stürme verantwortlich macht; er charakterisiert sie durch das Produkt $H \cdot \rho$ (magnetische Feldstärke mal Krümmungsradius), welches dem Produkt von Teilchengeschwindigkeit v in den Quotienten von Masse m durch Ladung e gleichzusetzen ist. Dies charakteristische Produkt beträgt für die Birkelandschen Heliokathodenstrahlen 10^6 bis 10^7 , i. D. 3×10^6 (im C.-G.-S.-System)¹⁾. Folglich erreicht die kinetische Energie so eines Elektrons den gewaltigen Wert von $4,8 \times 10^{-4}$ bis $4,8 \times 10^{-3}$ Erg, i. D. $1,3 \times 10^{-3}$ Erg, oder Spannungen von $3,0 \times 10^8$ bis $3,0 \times 10^9$ Volt, i. D. $8,4 \times 10^8$ Volt. Diese enormen Werte sind insofern interessant, als der bei der Bremsung solcher Elektronen entstehende Röntgenlichtimpuls sich durch besonders geringe Wellenlänge λ , somit durch besonders große Härte auszeichnen müßte, indem die entsprechenden Werte für λ $4,2 \times 10^{-12}$ bis $4,2 \times 10^{-14}$ cm, i. D. $1,5 \times 10^{-13}$ cm betragen. Hiermit steht die Härte der durchdringenden Höhenstrahlung in qualitativer Übereinstimmung, da sich aus den Kolhörsterschen Ballonaufstiegmessungen für sie ein Massenabsorptionskoeffizient in Luft von etwa 0,0055 cm²/g ergibt. Für die durchdringungsfähigsten γ -Strahlen der bekannten *Radioelemente* beträgt dieser viel weniger, nämlich 0,036 cm²/g; *Rutherford* ist geneigt, für deren Erzeugung Spannungen bis etwa 2×10^6 Volt anzunehmen, folglich auch geringere, als sich für die Birkelandschen Heliokathodenstrahlen ergibt. Aus den Absorptionskoeffizienten läßt sich in diesem Bereich die entsprechende Wellenlänge leider nicht berechnen, doch spricht der hier sehr viel langsamere Abfall des Absorptionskoeffizienten bei Abnahme der zugehörigen Wellenlänge für die Zurückführung der Höhenstrahlung auf solche solare Elektronen.

Besteht diese Hypothese zu recht, so hätte man im Bereich jener beiden Zonen maximaler Einwanderung der solaren Korpuskularstrahlung (Polarlichtgürtel) auch eine Verstärkung der durchdringenden Höhenstrahlung zu erwarten. Die in Mitteleuropa bisher gemessenen Werte wären dann als aus sehr großen Höhen von einigen Hundert Kilometern kommende Röntgenstrahlimpulse jener Zonen aufzufassen. Es muß nämlich beachtet werden, daß die einwandernden solaren Teilchen den magnetischen Kraftlinien der Erde folgen. Nach *Sommerfeld* (Münch. Ber. Math. phys. Kl. 1911) ist für den durch Bremsung eines elektrischen Teilchens entstehenden Röntgenlichtimpuls eine räumliche Verteilung von der Art eines *Rotationskörpers von etwa birnenförmigem Querschnitt* anzunehmen. Der von Elektronen mit charakteristischem Produkt $H\rho = 3 \times 10^6$ (C.-G.-S.) erzeugte Röntgenstrahl hätte einen *Öffnungswinkel von nur wenigen Minuten* aufzuweisen, würde sich somit in der Bewegungsrichtung des gebremsten Elektrons ausbreiten. Dank der äußerst großen Härte dieser sekundären Strahlen würde die Wirkung der bereits in höheren Luftschichten gebremsten Elektronen eventuell bis in die Troposphäre sich bemerkbar machen können; es könnten dort — bei geeigneter Wasserdampfübersättigung — *ausgedehnte Zirrenzüge* gebildet werden, wie

¹⁾ Vgl. *K. Birkeland*, The Norwegian Aurora Polar expedition 1902/3 — Christiania 1908, 1913.

auch „Störungen“ beim Messen der durchdringenden Höhenstrahlung auftreten. Bewegt sich nun das zu bremsende Teilchen genau der magnetischen Kraftlinie entlang, so wird sich der durch Bremsung des Teilchens gebildete sekundäre Röntgenstrahl in der gleichen Richtung, d. h. direkt nach unten zur Erdoberfläche hin, fortbewegen. Folgt aber das Teilchen der Kraftlinie nicht genau, so beschreibt es eine spiralförmige Bahn um diese und bildet sukzessive die verschiedensten Winkel mit ihr. Infolgedessen wird auch der betrachtete, durch Bremsung des Teilchens gebildete Röntgenstrahl sehr verschieden geneigt zur Erdoberfläche hin einfallen und kann unter Umständen sich in geographisch vom Polarlichtgürtel sehr abweichenden Breitengraden bemerkbar machen. Auf jeden Fall empfiehlt es sich, die geographische Verbreitung der durchdringenden Höhenstrahlung zu erforschen, speziell Gegenden des Polarlichtgürtels¹⁾ und äquatorische Orte heranzuziehen.

Eine zweite Möglichkeit der Erklärung des Ursprungs der durchdringenden Höhenstrahlung in Anknüpfung an die solare Korpuskularstrahlung ist meines Wissens bisher nie ins Auge gefaßt worden. Geht diese Korpuskularstrahlung auf radioaktive Umwandlungen auf der Sonne zurück (welche Annahme in Anbetracht der hohen Geschwindigkeiten der ausgeschleuderten Teilchen die plausibelste ist), so werden auch die (nach Ausschleuderung der α - bzw. β -Teilchen) verbleibenden Atomreste entsprechend dem Gesetz der Erhaltung der Bewegungsmenge nach der entgegengesetzten Richtung zurückgestoßen. Bei den bekannten β -Strahlen der irdischen Radioelemente spielt der Rückstoß keine Rolle, ist überhaupt nicht sicher festgestellt; nach *Fajans* beträgt die Ausbeute bei RaC allein ca. $\frac{1}{10\,000}$. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die nur wenig intensiven schnellsten β -Teilchen für die Rückstoßerzeugung in Betracht kommen; da das charakteristische magnetische Produkt bei diesen nach *Danyßz* erst 18 000 (C.-G.-S.) erreicht, kann die Rückstoßatomgeschwindigkeit allein $6,4 \times 10^5$ cm/sec betragen.

Anders bei den Birkelandschen Heliokathodenstrahlen; dank dem hohen Wert für das Produkt H_Q (i. D. gleich 3×10^6 C.-G.-S.) kann hier das zugehörige Rückstoßatom Geschwindigkeiten erlangen, welche zum Verlassen der Sonne genügen. Für Rückstoßteilchen von dem Atomgewicht 40 hätte die entsprechende Rückstoßgeschwindigkeit (bei einfacher Ladung) $7,2 \times 10^8$ cm/sec, beim Atomgewicht 220 — $1,3 \times 10^8$ cm/sec zu betragen. Folglich werden bereits Atomdurchquerungsgeschwindigkeiten erreicht; so daß diese Rückstoßteilchen nach Verlassen der Sonnenfackeln als geladene Atome entsprechend ihrem charakteristischen magnetischen Produkt bei günstiger Lage ihrer Bahn durch das magnetische Feld der Erde abgelenkt und in den obersten Teil der Lufthülle der Polarlichtgürtel eindringen können. Dank ihrem geringen Durchdringungsvermögen werden sie hier bald gebremst werden, um sich allmählich — falls sie festen Körpern angehören — zu Stäubchen wachsender Größe anzusammeln. So können nicht allein inaktive, sondern noch radioaktive Elemente durch den Weltraum von der Sonne

auf die Erde gelangen. Durch Aussendung durchdringender γ -Strahlen würde dieser allmählich sich sackende aktive Staub die durchdringende Höhenstrahlung erzeugen können. Dank der im Laufe des Niedersinkens und durch Luftströmungen stattfindenden Verteilung dieses aktiven Staubes über immer größere Flächen würde sich eine sehr viel weniger scharfe Begrenzung der Maximalzonen der Höhenstellung ergeben, als im Falle deren Entstehung durch Bremsung von Elektronen. Insbesondere empfiehlt es sich, den auf den polaren Eisfeldern niedergegangenen Staub auf einen eventuellen besonderen Gehalt an radioaktiven Stoffen zu untersuchen. Zu diesem Behuf versuche ich, mir Proben von sogen. Polarstaub zu beschaffen.

In diesem Zusammenhange entsteht die Frage, ob durch so einen Transport der auf besonders energiereichen Zerfall zurückgehenden Radioelemente durch das Weltall „das mittlere Atomgewicht einer Isotopengruppe“ nicht allein von der Lebensdauer der Isotopen (und ihrer Voreltern), sondern auch von der selektiven Zuwanderung von der Sonne abhängt. Selbst bei ursprünglich gleichem elementaren Aufbau der Erde und der Sonne kann auf diese Weise bei einem zeitlich verschiedenen Verlauf des radioaktiven Abbaus ein Unterschied der mittleren Atomgewichte der kristallisierten Gesteine verschiedenen geologischen Alters hervorgerufen werden. Könnte auf so eine Einwanderung von der Sonne nicht überhaupt der größte Anteil der Radioelemente der Erde zurückgehen? Bekanntlich konzentrieren sich diese in der Erdkruste, wofür sowohl die radioaktiven Analysen wie auch der Verlauf der Temperaturgradienten in der Erde sprechen, während die große Dichte der Anfangsglieder der irdischen Zerfallsreihen, nämlich von Uran und Thor, deren Anreicherung im Erdinnern erwarten ließe.

Diese radioaktive Staubhypothese läßt übrigens auch für die äquatorialen Erdgegenden eine besonders starke Abschwächung der durchdringenden Höhenstrahlung eigentlich nicht erwarten. Es werden nämlich bei gewissen Lagen der von der Sonne kommenden geladenen Teilchen diese im magnetischen Felde der Erde in der Ebene des magnetischen Äquators dauernd oder wenige Mal umlaufen. Die wenig geschwindigen Rückstoßatome werden sich bald neutralisieren und zu Stäubchen, welche eine in der Äquatorialebene befindliche kosmische Staubwolke bilden, sammeln; letztere wird wohl in enger Beziehung zu der das Zodiakallicht erzeugenden stehen. Auch diese an die Lufthülle der Erde grenzenden Staubmassen können somit sehr wohl Radioelemente enthalten und dank diesen korpuskulare und γ -Strahlen aussenden, welche einerseits das Eigenlicht des Zodiakallichtes bewirken, andererseits an der durchdringenden Höhenstrahlung der Luft teilnehmen können. Beim Durchgang der kosmischen Staubmassen des Halleyschen Kometen wurde ja an mehreren Orten eine starke Erhöhung der durchdringenden Strahlung beobachtet (vgl. hierüber die Angaben von *A. Gockel* in JB. d. Rad. u. El. 9, 13, 1912).

Berlin, den 16. Juni 1919.

R. Swinne.

Astronomische Mitteilungen.

Über den Pfeilstern im Ophiuchus, den von *Barnard* entdeckten Schnellläufer, machen *Graff* und *Küstner* in Astr. Nachr. 4989 einige Mitteilungen. *Graff* hat die Helligkeit dieses dem vorgeschrittenen III. Spektraltypus (Mb) angehörenden Sternes geprüft, jedoch keine Veränderlichkeit gefunden. Die Helligkeit ist

¹⁾ Bereits vor 4 Jahren habe ich mich zu diesem Behuf mit norwegischen Forschern in Verbindung gesetzt; insbesondere wollte das unter Leitung von Herrn *Krogness* stehende, in Finnmarken befindliche *Haldde-Observatorium* auch an die Registrierung der Ionisierung in geschlossenen Gefäßen herantreten.

im Harvardsystem 9,37^m. Trotzdem der Stern heller ist als die benachbarten Sterne 9,1^m bis 9,5^m der Bonner Durchmusterung, fehlt er in dieser. *Graff* nimmt auf Grund der jährlichen Eigenbewegung des Sternes — 0,05^s und + 10,2'', an, daß er zur Zeit der BD-Beobachtungen dem schwachen BD-Stern + 4° 3561 so nahe gestanden hat, daß dessen Beobachtungen sich in Wirklichkeit auf den Barnardschen Stern beziehen. Dazu bemerkt *Küstner* nach Prüfung der Originalbeobachtungen der BD, daß der Stern BD + 4° 3561 in Bonn 1854 zweimal beobachtet worden ist. Er ist ferner von *Lamont* in München beobachtet und findet sich auch auf Hora 17 der Berliner Akademischen Karten. Gleichzeitig mit der ersten Bonner Beobachtung ist aber noch ein Stern 9,5^m ganz nahe bei BD + 4° 3561 beobachtet, und dieser schwache, nur einmal beobachtete und deshalb nicht in die BD aufgenommene Stern ist aller Wahrscheinlichkeit noch identisch mit *Barnards* Stern. Auch auf Blatt 133 der Wolf-Palisa-Karten (Aufnahme 1904 Mai 19) scheint der Stern zu fehlen; zu dieser Zeit fiel er nämlich nahe mit einem anderen schwachen Stern zusammen.

Als ein neues Mitglied der Jupitergruppe der kleinen Planeten hat sich, wie *F. Cohn* in Astr. Nachr. 4989 mitteilt, der am 19. März d. J. von *M. Wolf* entdeckte Planet 1919 FD erwiesen. *Palisa* in Wien und *Berberich* vom Recheninstitut haben dies gleichzeitig bemerkt. Die Helligkeit zur Zeit der Entdeckung war 13,5^m, sein Ort 10^h 6,6^m + 12° 52'. Der Ort des Jupiter war zu dieser Zeit 6^h 27^m + 23° 29'. Die noch ziemlich unsichere Bahnbestimmung ergab die große Halbachse der Bahn zu 5,155 Erdbahnhalfachsen (Jupiter 5,203).

Über die Helligkeit, die Farbe und das Spektrum der Nova Aquillae im Sommer und Herbst 1918 bringen die Nummern 4987—88 der Astr. Nachr. weitere Beobachtungsreihen, aus denen Folgendes entnommen werde. Die periodischen Schwankungen der Helligkeit während der Abnahme, über die bereits früher in dieser Zeitschrift berichtet wurde, sind von vielen Seiten bemerkt worden, so u. a. von *v. Zeipel*, *Courvoisier*, *Wirtz* und *Rabe*. Die Periode wird von *Courvoisier* und *v. Zeipel* zu 12 Tage, von *Wirtz* zu 10 bis 15 Tage, von *Rabe* zu anfangs 12, später 13 Tage, die doppelte Amplitude zu bzw. 0,8^m, nahe 1^m, 0,3^m bis 0,5^m und 0,6^m angegeben. Der deutliche Beginn der periodischen Schwankungen ist auf Ende Juni zu setzen. *Rabe* findet jedoch bereits vom Beginn des Aufleuchtens der Nova an eine flache Welle mit 12-tägiger Periode. Die Form der Schwankungen war δ -Cephei-artig, mit steilem Anstieg und langsamem Abfall der Helligkeit. Die daneben voranschreitende allgemeine Abnahme der Helligkeit betrug bis zum Auftreten der periodischen Schwankungen nach *Rabe* durchschnittlich 0,21^m täglich, ging aber mit dem Auftreten der Schwankungen auf 0,02^m zurück und war schließlich nur noch 0,01^m pro Tag. Die Schwankungen verschwanden gegen Ende September.

Über das Spektrum berichten *Küstner* in Bonn und *Hnatek* in Wien. Auf den Bonner Spektrogrammen sind im kontinuierlichen Spektrum zwischen H_{β} und H_{δ} feine dunkle Linien, wie sie im Spektrum der Nova Geminorum von 1912 in großer Zahl beobachtet wurden, nicht mit Sicherheit zu erkennen. Dagegen treten in den Emissionsbändern des Wasserstoffs einige dunkle Linien auf mit den Wellenlängen: 4095,67, 4334,12, 4336,56, 4375,61, 4379,06, 4854,13, 4870,50.

Die Wellenlängen sind noch mit der Geschwindigkeit der Nova gegen die Sonne behaftet. *Hnatek* findet 1918 3. Juli die Absorptionslinien des Wasserstoffs entsprechend einer Radialgeschwindigkeit von — 1800 km verschoben, dagegen 6 schwache Linien des Eisens und Titans entsprechend einer Radialgeschwindigkeit von — 28 km. Auf einer gelbempfindlichen Platte vom 8. Juli war die D-Linie als helles Band vorhanden. Vom 7. Juli ab ist der kontinuierliche Grund des Spektrums auf den Aufnahmen nicht mehr zu erkennen. Die komplizierte Struktur der Emissionsbänder des Wasserstoffs und des sich gleich verhaltenden Bandes λ 4640 hat *Hnatek* mit dem Mikrophotometer studiert und gibt Diagramme für den Intensitätsverlauf in denselben. Bemerkenswert ist das Auftreten einer schwachen Emission bei 4690 ÅE. gegen Ende August. An dieser Stelle liegt die erste Linie der Hauptserie des Wasserstoffs.

Das Gesetz der allgemeinen Helligkeitsabnahme in der Sonnenkorona mit wachsendem Abstände vom Sonnenrande ist von wesentlicher Bedeutung für die Theorie der Korona. Um so unbefriedigender ist es, daß die Beobachtungsergebnisse, welche dieses Gesetz betreffen, noch weit auseinandergehen. *Turner* fand aus photographischen Aufnahmen der totalen Sonnenfinsternis von 1898 Abnahme der Helligkeit mit der 6. Potenz des Abstandes vom Sonnenmittelpunkt. *Schwarzschild* kam 1905 zu dem gleichen Ergebnis. *L. Becker* erhielt bei derselben Sonnenfinsternis die 4. Potenz des Abstandes vom Sonnenrande, genauer des Abstandes von einem Kreise, der um $\frac{1}{7}$ des Sonnenradius innerhalb des Sonnenrandes liegt. *R. K. Young* gelangte auf Grund von Aufnahmen der Sonnenfinsternisse von 1905 und 1908 zur 8. Potenz des Abstandes vom Sonnenmittelpunkt. Diese Ergebnisse sind unvereinbar miteinander. Die Unterschiede rühren vermutlich in der Hauptsache von der Vernachlässigung erheblicher, den photographisch-photometrischen Methoden inhärenten Fehlerquellen her, möglicherweise zum Teil aber auch von einer Veränderlichkeit der Helligkeitsverteilung in der Korona.

Östen Bergstrand hat die Gelegenheit der totalen Sonnenfinsternis von 1914 dazu benutzt, die Frage unter möglichst strenger Ausscheidung bzw. Berücksichtigung der Fehlerquellen zu studieren (Etudes sur la distribution de la lumière dans la couronne solaire, 1919, Stockholm, Almqvist und Wiksell; Berlin, Friedländer u. Sohn). Es ergab sich, daß sich die Helligkeitsabnahme der Korona keineswegs durch eine der oben erwähnten Formeln darstellen läßt. Die äquatorialen Strahlen der Korona werden vielmehr am

besten durch die Formel $J = \frac{1}{h^2}$ dargestellt, worin J die Intensität der Korona längs eines Strahles, h der Abstand vom Sonnenrande in Einheiten des Sonnenradius ist. Für die polaren Strahlen, die erheblich kürzer und lichtschwächer als die äquatorialen sind, liegen die Verhältnisse weniger einfach. Die Darstellung mit vorstehender Formel ist nur für $h < 0,5$ befriedigend; für größere h werden die berechneten Intensitäten in fortschreitendem Maße zu klein. Es scheint danach, daß in der Richtung der polaren Strahlen die Korona aus zwei übereinandergelagerten Phänomenen besteht. Es projizieren sich offenbar die langen äquatorialen Strahlen, welche gegen die Erde oder entgegengesetzt gerichtet sind, auf die eigentlichen Polarstrahlen. Von dieser Vorstellung ausgehend erhält *Bergstrand* für die polaren Strahlen die Formeln:

$$J = \frac{1}{3h^2} + j, \quad j = \frac{3}{4(h + \frac{1}{2})^2}$$

Hier rührt j von den projizierten Äquatorialstrahlen her. J ist in Einheiten der Helligkeit für $h=1$ im Äquator ausgedrückt. Die Äquatorialstrahlen sind also 3-mal heller als die Polarstrahlen. Man kann nach *Bergstrand* die Erscheinungen in folgender Weise beschreiben: Die Korona besteht aus einem inneren, die ganze Sonne umgebenden Teil und aus einem äußeren, der nur in der Äquatorzone vorhanden ist. In beiden ist die Intensität umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes vom Sonnenrande. Die Intensität der äquatorialen Korona ist ungefähr doppelt so groß wie die der allgemeinen Korona.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen).

Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft; Jahrgang 36, Heft 5, 1918.

(Ausgegeben am 29. August 1918.)

Das Assimilationssekret von Vaucheria terrestris; von Arthur Meyer. Die von älteren Autoren als Fett angesprochenen Tröpfchen in den Zellen von *Vaucheria terrestris* sind Assimilationssekret. Durch mikrochemische Reduktionen wird gezeigt, daß sie kein Fett sind. Das Assimilationssekret wird hier sofort nach seiner Bildung in den Chloroplasten in Form kleiner Tröpfchen in das Zytoplasma verlagert.

Zur Kenntnis des Regenerationsvermögens von Crassula multicaeva Lan.; von Wilhelm Figdor. (Mit 1 Tafel.)

Über diploide Zwerggenerationen bei Phaeophyceen (Laminaria saccharina); von A. Pascher. (Mit 3 Abbildungen im Text.)

Amöboide Stadien bei einer Protococcace, nebst Bemerkungen über den primitiven Charakter nicht feststehender Algenformen; von A. Pascher. (Mit 8 Abbildungen im Text.)

Über disperme Befruchtung der Antipoden bei Nigella arvensis; von M. v. Derschau. (Mit 1 Tafel.) Die Entwicklung von Antipodenembryonen nach stattgehabter normaler Befruchtung wurde von *Tretjakow* und *Hegelmaier* beobachtet. Ein Pollenschlauch wurde in der Chalaza niemals beobachtet. Der Verfasser nahm daher wie die erwähnten Autoren an, daß der Anreiz einer normalen Befruchtung auch die Antipoden zu einer Embryobildung veranlasse. — Es gelang dem Verfasser jedoch, Pollenschläuche in der Chalaza von *Nigella arvensis* nachzuweisen, welche an einer Antipodenzelle eine disperme Befruchtung vollzogen. Die Annahme also, daß der bloße Reiz einer normalen Befruchtung genüge, um auch Embryonenentwicklung von Antipoden hervorzurufen, scheint daher durch gemachte Beobachtung in Frage gestellt.

Über merkwürdige Zeichnungen auf Marantaceenblättern; von M. Möbius. (Mit 1 Tafel und 1 Textabbildung.) Es handelt sich um die Erklärung der Erscheinung, daß auf gewissen Calatheaabblättern Farbenunterschiede auftreten, durch die ein getiedertes Blatt auf die Blattfläche aufgemalt erscheint. Verfasser erklärt zunächst die histologischen Ursachen der Farbenunterschiede, zeigt sodann, wie jene Figuren aus einfacheren Streifen und Flecken abgeleitet werden können, und prüft schließlich die Möglichkeiten einer physiologisch-biologischen Erklärung. Da von diesen keine zutreffen will, bleibt nur übrig, die Erscheinung in Analogie mit andern nutzlosen Eigenschaften, die in Form oder Farbe einen „Schmuck“ an Organismen darstellen, unter das schon früher von ihm aufgestellte „Prinzip der Schönheit“ in der Natur zu bringen.

Berechnung der Sonnengeschwindigkeit aus den Radialgeschwindigkeiten von Sternen mit sehr kleiner Eigenbewegung von E. Hertzsprung (Astr. Nachr. 208, 183). Als obere Grenze der Eigenbewegungen wählte der Verfasser 0,0205'' und erhielt unter Ausschluß der He-Sterne und von je 16 % an den Grenzen des gewählten Geschwindigkeitsintervalls als Sonnengeschwindigkeit die Zahl $19,2 \pm 1,0$ km/sek, also ungefähr dasselbe Resultat wie bei der Berechnung aus allen bekannten Radialgeschwindigkeiten, während sich das mittlere Quadrat der absoluten Radialgeschwindigkeit zu $(\pm 11$ km/sek)² ergab, beiläufig $\frac{1}{4}$ der Zahl, die man bei Verwendung sämtlicher Sterne mit bekannten Radialgeschwindigkeiten erhält. P. Guthnick.

Hildenbrandia rivularis (Liebm.) Bréb. und *Pseudochantrasia chalybaea* (Lyngb.) Brand aus dem Gouvernement Suwalki; von Alexander Lingelsheim und Bruno Schröder. (Mit 1 Tafel und 1 Textabbildung.) Die beiden Rhodophyceen fand man auf Blöcken von Urgestein in dem Abflusse des Sees von Mala Huta bei Suwalki. *Hildenbrandia* ist eine Schattenpflanze und erreicht bei Suwalki ihr östlichstes Vorkommen in unserem Erdteil. Sie ist für Rußland neu. Südöstliche Fundorte sind die galizische Tatra und die Gegend um Travnik in Bosnien. In Europa gehört *Hildenbrandia rivularis* der Ebene und der Bergregion des atlantischen Florenbezirkes an. Sie wird aber auch von Nordafrika, aus Niederländisch-Indien, vom Kongogebiet und von Jamaika angegeben. *Pseudochantrasia chalybaea* bildete auf den Blöcken ausgebreitete, schmutzige, hellgrüne, höckerig-knollige, ziemlich feste Krusten von 5 mm Dicke, die an der Oberfläche manchmal wie Blumenkohlrosetten aussehen. Sie ist mit Kalziumkarbonat inkrustiert und findet sich meist in einer in dichten Büscheln auftretenden Form, seltener tritt die schlanke Wuchsform auf. Auch sie ist eine Schattenpflanze. Zwischen ihren Büscheln leben noch Cyanophyceen und Diatomaceen. Die Inkrustation entsteht dadurch, daß die im Wasser gelösten Bikarbonate des Kalziums bei der Assimilation in Kohlensäure und Kalziumkarbonat zerlegt werden, wobei erstere zur Stärkebildung gebraucht wird und letzteres sich an den Pflanzen niederschlägt. Ähnliche Kalkinkrustationen von *Pseudochantrasia* wurden bisher bei Minneapolis in Nordamerika, in Schweden, in der Rheinpfalz und am Bodensee beobachtet.

Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze. Nr. 10: Über Kieselskörper in der Epidermis von Campelia Zanonii. Nr. 11: Kristallisiertes Karotin in der Nebenkrone von Narcissus poeticus; von Hans Molisch. (Mit 1 Tafel.) Nr. 10: Bei der Commelinee *Campelia Zanonii* kommen in der Oberhaut der Laubblätter und Stengel zahlreiche Zellen vor, die kleine, warzenförmige Kieselskörper enthalten. Die Verteilung und das Auftreten dieser Körper erinnert lebhaft an die von Möbius bei der Commelinee *Callisia repens* entdeckten Kieselskörper und gibt zu erkennen, daß die Verwandtschaft der Pflanze nicht bloß durch einen bestimmten Chemismus, sondern auch durch eine ganz eigenartige Lokalisation desselben zum Ausdruck kommen kann. Nr. 11: Die den roten Saum der Nebenkrone zusammensetzenden Zellen sind von orangefarbenen Karotinkristallen erfüllt und bedingen die auffallend rote Farbe des Saumes.

Über Vakuolenteilung und grobschaumige Protoplasten; von E. Küster. (Mit 3 Textabbildungen.) Beschreibung der nach Einwirkung äußerer Faktoren (Plasmolyse) eintretenden Teilung der Vakuole in den Epidermiszellen der Zwiebelschuppen von *Allium cepa*.

Fördernder Einfluß des Zellkerns auf den Teilungsvorgang.

Über die Geschlechtsverteilung bei *Dryas octopetala* L. nach Beobachtungen im Kgl. Botanischen Garten Berlin-Dahlem; von H. Harms. (Mit 1 Tafel und 1 Textabbildung.) Für die genannte Art ist seit langer Zeit Andromonoecie und Androdioecie bekannt, die auch bei der kultivierten Pflanze auftreten. Daneben konnte in den Kulturen Gynodioecie und Gynodioecie beobachtet werden, die bisher für die wilde Pflanze noch nicht angegeben waren. Die verschiedenen Blütenformen werden eingehend geschildert.

Jahrgang 36, Heft 6, 1918.

(Ausgegeben am 18. Oktober 1918.)

Über die Gattungen *Schenckiella* P. H. und *Zukaliopsis* P. H.; von Fr. v. Höhnelt. Nachweis, daß *Schenckiella* eine Microthyracee und *Zukaliopsis* eine Myrangiacee und gleich *Myxomyrium* Th. ist. Ferner ist *Capnodopsis mirabilis* P. H. gleich *Axomyctella punctoidea* Rehm. Bemerkungen zur Systematik der Myrangiaceen.

Dritte vorläufige Mitteilung mykol. Ergebnisse (Nr. 201—304); von Fr. v. Höhnelt (Ber. deutsch. Bot. Ges. 1918, XXXVI). Enthält eine große Anzahl von Ergebnissen kritischer Untersuchungen von Ascomyceten und Nebenfruchtformen.

Chromatische Fixierung; von Otto Baumgärtel. (Mit 1 Textfigur.) Verfasser hat unter dem Namen „Pikrinsäure-Sublimat-Hämalaun“ eine Mischung hergestellt, welche die Fixierung und Färbung von Objekten in toto zu einer Manipulation vereinigt, wobei sowohl Zeit und Mühe, als auch an Quantität der Reagenzien gespart wird. Das Gemisch ist ein Kernfärbemittel, das die Strukturen mit zunehmender Acidität kräftiger färbt, wobei Töne von Graublau bis Violett erzielt werden. Gebrauch und Wirkung werden vom Verfasser genau erörtert und die Versuchsobjekte namhaft gemacht.

Basedowia, eine neue Gattung der Compositen aus Zentral-Australien; von E. Pritzel. (Mit 1 Tafel.)

Das Verhältnis von Rhythmik und Verbreitung bei den Perennen des europäischen Sommerwaldes; von L. Diels. Durch Kultur im Winterhaus wird erwiesen, daß unter den krautigen Perennen des Sommerwaldes Typen von verschiedener Rhythmik vorkommen. So gibt es aperiodische Arten mit gänzlich erzwungener Ruhezeit (z. B. *Asperula*), periodische mit teilweise erzwungener (z. B. *Leucoium*) und periodische mit harmonischer Ruhezeit (*Polygonatum*). Jeder der drei Typen hat seine besondere geographische Verbreitung. So zeigt der *Leucoium*-typus (südwest-) europäischer Verbreitung und mediterrane Verwandtschaft, der *Polygonatum*-typus eurasiatische Verbreitung und holarktische Verwandtschaft.

Über amoeboids Gameten, Amoebozygoten und diploide Plasmodien bei einer Chlamydomonadine; von A. Pascher. (Mit 13 Abb. im Text.)

Über die Myxomyceten; von A. Pascher. (Mit 15 Abbildungen im Text.)

Band 36, Heft 7, 1918.

(Ausgegeben am 28. November 1918.)

Der Generationswechsel der Pflanzen als Wechsel verschiedener Morphoden (Vorläufige Mitteilung); von Fritz Jürgen Meyer. Der Generationswechsel ist ein Spezialfall der im Pflanzenreich häufig vorkommenden Differenzierung der Spezies in verschiedene Morphoden, d. h. in Individuen, welche unter allen Verhältnissen nach Morphologie und Leistung verschieden sind. Bekannte Beispiele solcher Differenzierung sind die Diöcie und die Heterostylie. Der Generationswechsel ist die Form dieser Differenzierung, bei welcher zwei oder mehrere Morphoden regelmäßig mit einander abwechseln. Am klarsten sind diese Verhältnisse bei den Pteridophyten. Generationswechsel (Morphodenwechsel) liegt ferner bei Bryophyten, Laminarien, Dictyotaceen vor, ebenso bei den diplobiontischen Florideen, nicht

dagegen bei den haplobiontischen Florideen, da Gamophyt und sporogene Fäden wahrscheinlich ein Selbbling, d. h. ein zusammenhängender Protoplast sind, also nur eine Morphode. Gymnospermen und Angiospermen besitzen keinen Morphodenwechsel, da der Sporophyt und ♀ Gamophyt zu einer Morphode verschmolzen sind. Der Morphodenwechsel hat mit dem Wechsel der Chromosomenzahl (Reduktionsteilung) nichts zu tun.

Sproßbecher von *Oenothera*; von Th. Stomps. (Mit 2 Tafeln.) Verfasser macht einen Unterschied zwischen Blattbechern, die echte Blattsynfusen sind, und Sproßbechern, die meistens einblättrig, immer terminal stehen und infolge einer anomalen Hemmung des Stengelwachstums hervorgerufen werden. Bei sämtlichen Individuen einer gewissen *Oenothera*-Kreuzung beobachtete Verfasser nun eine sehr eigentümliche Zerreißung des Vegetationspunktes in oft sehr ungleiche Teile. Den kleinsten Teilen fehlte die Fähigkeit, sich zu Sprossen weiter zu entwickeln. Sie boten sich als zarte Fädchen dar, aber auch als Asciden, welche Erscheinung Verfasser als Argument für seine obige Auffassung betrachtet.

Von einer allen Algenreihen gemeinsamen Entwicklungsregel; von A. Pascher.

Über das Vorkommen von Halophyten in Mitteldeutschland auf kochsalzfreiem Boden; von August Schulz. Verfasser legt dar, daß sich im Saaleflorenbezirke einige Phanerogamenarten (z. B. *Gypsophila fastigiata*) so fest an den Gipsboden angepaßt haben, daß sie hier fast nur auf solchem zu wachsen vermögen, daß sich dagegen in diesem Bezirke andere Arten (z. B. *Silene Otites*) offenbar nur scheinbar an den Gipsboden angepaßt haben, daß ihr strichweise ausschließliches Vorkommen auf Gipsboden vielmehr wahrscheinlich eine Folge davon ist, daß sie sich an das in diesem Boden auch vorkommende Kupfer angepaßt haben, wie dies sicher an anderen Stellen des Saalebezirkes der Fall ist. Zum Schluß ist die Ursache des Vorkommens von *Plantago maritima* und *Erythraea litoralis* im Saalebezirke auf kochsalzfreiem Boden behandelt.

Permeabilitätsbestimmung nach der plasmometrischen Methode; von Karl Höfler. (Mit 1 Abb. im Text.) Wie früher zur Bestimmung des osmotischen Wertes der Pflanzenzelle, wird die plasmolytisch-volumetrische (= plasmometrische) Methode nun zur quantitativen Messung der Permeabilität des lebenden Protoplasmas (für osmotisch wirksame Kristalloide) angewendet. Die plasmolysierten Protoplasten dehnen sich in Lösungen eindringender Stoffe langsam aus. Damit ändert sich der Grad der Plasmolyse. Ist derselbe erst G_1 , dann G_2 , so ist die eingetretene Stoffmenge $M = (G_2 - G_1) \cdot C$, wenn C die Konzentration der plasmolysierenden Lösung ist. Die Methode unterscheidet sich von den bisherigen dadurch, daß der quantitative Permeabilitätsnachweis für die individuelle Einzelzelle gelingt.

Über die Permeabilität der Stengelzellen von *Tradescantia elongata* für Kalisaltpeter; von Karl Höfler. (Mit 1 Abb. im Text.) Die Plasmadurchlässigkeit für das Salz ist nicht groß, doch aufs deutlichste ausgeprägt. Es dringen stündlich im Mittel etwa 0,005 — etwa 0,01 g (= 0,05—0,1 %) KNO_3 in die intakten plasmolysierten Protoplasten ein. Die Größenordnung entspricht den von Fitting an *Rhoeo discolor* gefundenen Werten. Gleiche benachbarte Zellen, die unter gleichen Außenbedingungen stehen, können große individuelle Schwankungen in der Permeabilität zeigen; die mittlere Abweichung der Einzelwerte vom Mittel betrug um 25—50 %. Diese Tatsache ist für die theoretische Auffassung der Permeabilitätserscheinungen wichtig.

Band 36, Heft 8, 1919, s. S. 400.

Meteorologische Zeitschrift;

Heft 9/10, 1918.

Messungen der photochemischen Intensität des Himmels mit dem Skalenphotometer; von W. Gallenkamp. In durch 2 Jahre fortgesetzten täglichen Mes-

sungen wurde die Brauchbarkeit der Skalenphotometer für derartige Messungen geprüft und für vergleichende Zwecke als genügend befunden. Die Jahreskurve der mittleren Intensität ergibt ein Zurückbleiben hinter der Sonnenhöhe in den Frühlingsmonaten, einen starken Aufstieg im Mai und Juni, dann wieder raschen Abfall im Herbst und ein relatives Anwachsen im Winter. Ein Vergleich der Intensität mit den Sonnenflecken-Relativzahlen ergab keinen ausgesprochenen Zusammenhang.

Die nächtliche Abkühlung der unteren Luftschichten und der Erdoberfläche in Abhängigkeit vom Wasserdampfgehalt der Atmosphäre; von A. Defant. Die Arbeit bildet einen Auszug aus der in dieser Zeitschrift bereits erwähnten Abhandlung gleichen Titels in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Bd. 125, 10. Heft, 1917.

Die Niederschlags- und Gewitterverhältnisse in Kurland; von R. Hennig. Die Arbeit ist der Tätigkeit des Marine-Wetterdienstes in Libau entsprungen und stützt sich auf ein Beobachtungsmaterial von etwa 30 Jahren. Das Niederschlags-Maximum in Kurland fällt auf den Spätsommer, zumal den August, ein zweites auf den Herbst, vornehmlich den Oktober; das wenig ausgeprägte Minimum bringt der Vorfrühling. An der Küste ist die Verteilung charakteristischer als im Binnenland. Die Gewitter, die überhaupt in Kurland nicht häufig sind, tragen zu dieser Niederschlagsverteilung kaum bei. Verhältnismäßig zahlreich sind die Herbstgewitter an der Küste.

Heft 11/12, 1918.

Die jährliche Periode der halbtägigen Luftdruckschwankung; von J. v. Hann. Der Umstand, daß in beiden Hemisphären im nördlichen Winter die Amplituden der halbtägigen Druckschwankung ein sekundäres Maximum erreichen, schien dafür zu sprechen, daß dies mit dem Perihelstand der Sonne zusammenhänge sowie die entschiedenen Minima derselben im Juli mit dem Aphel. Der Untersuchung dieser Frage ist diese Arbeit gewidmet. Das Ergebnis ist ein negatives, die ganzjährige Periode der Amplituden scheint doch nur terrestrisch bedingt zu sein. Sehr entschieden treten aber auf beiden Halbkugeln die beiden Maxima der Amplituden zur Zeit der Äquinoktien auf, und zwar bis über den 60. Breitengrad hinauf. Die Maxima fallen bemerkenswerterweise zusammen mit den Zeiten der Maxima der Häufigkeit der magnetischen Störungen und der Polarlichter. Um diese Zeit wendet die Sonne ihren Südpol und ihren Nordpol der Erde am meisten zu und zugleich sind die Abänderungen der Entfernung (der radius vector) am größten. Dies alles scheint für einen unmittelbaren Einfluß der Sonne auf die Amplituden der halbtägigen Luftdruckschwankung zu sprechen.

Messungen des Staubkerngehalts der Luft am Rande einer Großstadt; von Wilhelm Schmidt. Die Messungen wurden an der Hohen Warte in Wien vorgenommen. Sie zeigen überwiegenden Einfluß der Windrichtung, sonst äußerte sich noch die reinigende Wirkung des Regens, doch hielt sie nicht lange an. Der tägliche Gang der Kernzahl folgte der Windgeschwindigkeit und der Rauchentwicklung. Fernsicht und Ozongehalt waren nicht eindeutig mit der Kernzahl verknüpft.

Die Beziehung zwischen Windgeschwindigkeit und dem Druckgefälle am Boden; von R. Dietzius. Das barische Windgesetz gestattet aus der örtlichen Verteilung des Luftdruckes auf die gleichzeitig herrschenden Windverhältnisse zu schließen. Es gibt aber nicht strenge, mitunter treten sehr beträchtliche Abweichungen auf. Je nach der Richtung des Druckgefälles pflegen Abweichungen in ganz bestimmtem Sinne aufzutreten. So pflegt bei Druckgefälle nach SE der

Ablenkungswinkel des Windes am Boden und in der Höhe sehr klein, bei Druckgefälle nach W übermäßig groß zu sein.

Die säkulare Schwankung der Gewitterhäufigkeit in Zürich; von J. Maurer. Aus den ältesten Gewitteraufzeichnungen von Zürich, die bis zum Jahre 1545 zurückgreifen, ergibt sich, in Verbindung mit den späteren Aufzeichnungen des ganzen letzten Jahrhunderts, reichend bis in die Neuzeit (1918), die Tatsache, daß im Laufe von Jahrhunderten keinerlei systematische Zu- oder Abnahme der Gewitterhäufigkeit in der Umgebung genannter Stadt zu erkennen ist. Es gibt wohl kurze Perioden, in denen die Gewitter zahlreicher aufzutreten pflegen. Das sind aber vorübergehende Erscheinungen. Namentlich zeigt sich keine nennenswerte Änderung der Gewitterfrequenz seit Einführung der zahlreichen elektrischen Luftleitungen in der Stadt Zürich und deren Umgebung.

Heft 1/2, 1919.

Die relative Bewegung an der Erdoberfläche; von Joh. Schubert. Aus der scheinbaren Drehung des Himmelsgewölbes läßt sich, wenn man einen Stern im Nordpunkt des Horizontes ins Auge faßt, für eine nach Norden gerichtete Horizontalbewegung von der Geschwindigkeit v die Rechtsbeschleunigung $2\omega \sin \varphi \cdot v$ ableiten, wo ω die Winkelgeschwindigkeit der Erddrehung und φ die nördliche Breite bedeuten. Aus dem Anblick eines im Ostpunkte aufgehenden Sternes folgt für eine nach Osten gerichtete Bewegung die Beschleunigung $2\omega \sin \varphi \cdot v$ nach rechts und $2\omega \cos \varphi \cdot v$ nach aufwärts. Für die reibungsfreie Horizontalbewegung ergibt die Zusammensetzung der dem Gradienten entsprechenden Luftbahn mit dem Trägheitskreis von Sprung — außerhalb des Äquators — schwingende Bewegungen in Form von Zykloiden. Reibung in der Bahn verwandelt den Trägheitskreis in eine Spirale, auf der die Luft allmählich zur Ruhe kommt.

Randbemerkungen II; von A. Schmauß. Bei der abendlichen Auflösung der Wolken spielen auch Turbulenzvorgänge mit. Die Bewertung der Wolken hängt sehr von dem Beleuchtungszustande der Atmosphäre ab. Für Wolkenfahnen an Bergen wird ein mechanisches Analogon gegeben. Die Richtung von Regengstreifen gibt leicht zu Fehlschlüssen betr. Windrichtung Anlaß. Der den Schornsteinen entweichende Rauch gibt Aufschluß über den Temperaturzustand der Atmosphäre. In einen dünnen Wolkenschleier kann durch ein Flugzeug eine Gasse gelegt werden. Die wechselnde Hörbarkeit eines Fliegers gibt Aufschluß über die Bieigkeit des Windes. Für die mechanische Fernwirkung von Explosionswellen werden aerologische Anhaltspunkte gegeben. Für die Zyklonentheorie ergeben sich wertvolle Gesichtspunkte aus der Hydrodynamik. Es gibt „Geländeregen“, wenn Wind eine ruhende Luftschicht zu überströmen genötigt wird. Für die Entstehung von Regen muß außer den gewöhnlichen meteorologischen Elementen noch ein Moment in Frage kommen (Analogie mit Katalyse), das vermutlich auf dem Gebiet der Lufterktrizität zu suchen ist.

Versuche über den Zusammenhang von Verdunstungsmenge und Größe der verdunstenden Fläche; von W. Gallenkamp. Versuche hierüber ergaben, daß die Verdunstung nicht der Fläche proportional ist, sondern daß größere Flächen relativ weniger verdunsten als kleinere. Die Versuche zeigten, daß die Verdunstung proportional der Breite und der Wurzel aus der Länge (in Windrichtung) der Fläche wächst, infolge der zunehmenden Sättigung des die Fläche bestreichenden Luftstroms. Es wird ferner ein sehr einfacher Verdunstungsmesser angegeben und einige Versuche über Verdunstung von Salz- (Meer-) Wasser und anormalen Wasseroberflächen mitgeteilt.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 31. (Seite 535—580)

1. August 1919.

Siebenter Jahrgang.

ZUR JAHRHUNDERTFEIER DER BONNER UNIVERSITÄT:

Die Entwicklung der Naturwissenschaft
an der Bonner Universität
seit ihrer Begründung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenser Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 94.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petit-zeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050–53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Beilsteins Handbuch der organischen Chemie

Vierte Auflage

Die Literatur bis 1. Januar 1910 umfassend

Herausgegeben von der **Deutschen Chemischen Gesellschaft**

Bearbeitet von **Bernhard Prager** und **Paul Jacobson**

unter ständiger Mitwirkung von Paul Schmidt und Dora Stern

I. Band

Leitsätze für die systematische Anordnung. — Acyclische Kohlenwasserstoffe, Oxy- und Oxo-Verbindungen

1018 Seiten. Preis M. 60.—

Vor kurzem erschien:

Entstehung und Ausbreitung der Alchemie

Mit einem Anhang: **Zur älteren Geschichte der Metalle**

Ein Beitrag zur Kulturgeschichte von Professor Dr. **Edmund O. von Lippmann**

Dr.-Ing. E. H. der Techn. Hochschule zu Dresden, Direktor der „Zuckerraffinerie Halle“ in Halle a. S.

758 Seiten. Preis M. 36.—; gebunden M. 45.—

Soeben erschien:

Der Gang der qualitativen Analyse

Für Chemiker und Pharmazeuten

Bearbeitet von Dr. **Ferdinand Henrich**

Professor an der Universität Erlangen

Mit 4 Textfiguren. — Preis M. 2.80

Chemie und chemische Technologie radioaktiver Stoffe

Von Dr. **Ferdinand Henrich**

Professor an der Universität Erlangen

Mit 57 Textabbildungen und 1 Übersicht — 1918 — Preis M. 15.—; gebunden M. 17.60

Soeben erschien:

Anleitung zur qualitativen Analyse

Von Geh. Regierungsrat Dr. **Ernst Schmidt**

Professor an der Universität Marburg

Achte Auflage — Preis M. 5.—

Soeben erschien:

Die physikalisch-chemischen Grundlagen der Biologie

Mit einer Einführung in die Grundbegriffe der höheren Mathematik

Von Dr. phil. **E. Eichwald** und Dr. phil. **A. Fodor**

Ehemaliger Assistent

Erster Assistent

am physiologischen Institut der Universität Halle a. S.

Mit 119 Abbildungen und 2 Tafeln. — Preis M. 42.—; gebunden M. 48.—

Hierzu Teuerungszuschläge

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

1. August 1919.

Heft 31.

ZUR JAHRHUNDERTFEIER

DER

BONNER UNIVERSITÄT:

DIE ENTWICKLUNG DER NATURWISSENSCHAFT
AN DER BONNER UNIVERSITÄT
SEIT IHRER BEGRÜNDUNG

Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung:

	Seit
Astronomie. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Küstner, Bonn	537
Physik. Von Prof. Dr. W. Kaufmann, Königsberg i. Pr.	542
Chemie. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Richard Anschütz, Bonn	548
Mineralogie. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. Brauns, Bonn	555
Geologie und Palaeontologie. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. G. Steinmann, Bonn	559
Geographie. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Philippson, Bonn	561
Botanik. Von Prof. Dr. Hans Fitting, Bonn	571
Zoologie, Von Prof. Dr. Richard Hesse, Bonn	576

Astronomie.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. F. Küstner, Bonn.

Schon bei Gründung der Universität Bonn war auch ein Lehrstuhl für Astronomie vorgesehen worden und es wurde auf ihn 1819 *Karl Dietrich von Münchow* (geb. 1778 in Potsdam, gest. 1836 in Bonn) von Jena nach Bonn berufen, wobei ihm zugleich der Bau einer „den älteren preußischen Sternwarten in Berlin und Königsberg gleichwertigen“ Sternwarte zugesichert wurde. Es ist auch alsbald ein Projekt hierfür ausgearbeitet worden. Als Bauplatz wurde der „Alte Zoll“ bestimmt, das allen Besuchern Bonns wohlbekannte, wegen seiner schönen Lage hart am Rhein mit dem Blick auf das Siebengebirge berühmte Bollwerk der früheren Befestigungen, auf dem jetzt das Arndtdenkmal steht.

Dies Projekt ist, weil es völlig an Fonds dafür fehlte, wie es in einem Ministerialschreiben von 1821 heißt, nicht zur Ausführung gekommen. Man darf sagen zum Glück für die Entwicklung der Astronomie in Bonn, denn der Raum auf dem Alten Zoll ist für eine Sternwarte viel zu beschränkt, auch wäre eine sichere Fundamentierung der Instrumentenpfiler auf dem aufgeschütteten und von alten Gewölben durchzogenen Erdreich nicht möglich gewesen. *Münchow* fand sich freilich durch die Vertagung des Baus der Sternwarte, denn ganz aufgegeben war dieser keineswegs, in astronomischer Tätigkeit völlig lahmgelegt, und er hat in der Folge hauptsächlich die Physik, daneben auch Mathematik vertreten.

Als v. *Münchow* 1836 starb, wurde *Argelander* als ordentlicher Professor der Astronomie nach Bonn berufen und die Universität Bonn gewann damit einen Mann, der als beobachtender Astronom Weltruf erlangen und eine ihrer größten Zierden werden sollte.

Friedrich Wilhelm August Argelander ist am 22. März 1799 zu Memel geboren als Sohn einer wohlhabenden Kaufmannsfamilie, die von väterlicher Seite aus Finnland stammte, von mütterlicher deutsch war. In seinem Elternhause in Memel fanden nach der Katastrophe von Jena die Söhne der geflüchteten preußischen Königsfamilie Zuflucht, und aus dieser ersten Jugendzeit stammt die persönliche Freundschaft, die *Argelander* mit dem Könige Friedrich Wilhelm IV. und dem Kaiser Wilhelm I. sein Leben lang verbunden hat.

Der Astronomie gewonnen wurde *Argelander* durch den großen Königsberger Astronomen *Bessel*. Er war mehrere Jahre *Bessels* Gehilfe, übernahm aber schon 1823 die Leitung der Universitäts-Sternwarte in Abo in Finnland, und später, als nach dem zerstörenden Brande Abos im Jahre 1827 die Universität nach Helsingfors verlegt worden war, die der neu errichteten Sternwarte in Helsingfors.

Bei seiner Berufung nach Bonn war *Argelander* ausdrücklich „die Errichtung einer mit allen nötigen Hilfsmitteln ausgerüsteten Sternwarte, wie sie in dem ursprünglichen Plane bei Gründung der Universität lag“ zugesichert worden, oder, wie es in einem anderen ministeriellen Schreiben heißt „eines Institutes, weniger für den Unterricht der Jugend, als für die Erweiterung der Wissenschaft bestimmt“. Die Gunst und das besondere Vertrauen, das *Argelander* bei dem damaligen Kronprinzen Friedrich Wilhelm genoß, bewirkten, daß die Hemmnisse, die sich auch diesmal wieder der Ausführung entgegenzustellen drohten, jetzt bald überwunden wurden.

Das vom Universitätsarchitekten *Leydel* unter *Argelanders* Beratung ausgearbeitete Bauprojekt wurde auf Geheiß Friedrich Wilhelms von dem Oberbaudirektor *Schinkel* in Berlin umgearbeitet und im Sommer 1839 mit dem Bau begonnen, der aber sehr langsam voranschritt, hauptsächlich weil es damals in Bonn noch schwer fiel, geeignete Unternehmer und Handwerker zur Ausführung der zum Teil schwierigen und ungewöhnlichen Arbeiten zu gewinnen. Erst 1844 konnte *Argelander* vom sogenannten Lennéhaus auf dem Alten Zoll, wo er bis dahin gewohnt und beobachtet hatte, in den noch unfertigen Neubau übersiedeln; die erste Beobachtung, die eines Kometen, ist dort am 11. Juli 1844 angestellt. Die Sternwarte wurde aber erst im Sommer 1845 soweit fertig, daß sie der König Friedrich Wilhelm IV., der stets das größte Interesse für sie bekundete, am 10. August 1845 bei Gelegenheit des Beethovenfestes besichtigen konnte. Dieser Tag könnte demnach wohl als Gründungstag der Sternwarte bezeichnet werden.

Die gänzliche Vollendung des Baues geschah 1846; die endgültige Abrechnung ist im Oktober dieses Jahres geschehen. Es dürfte von geschichtlichem Wert sein, hier einige Zahlen daraus mitzuteilen. In runden Zahlen und in Mark ausgedrückt haben die Kosten betragen: der Erwerbung von Grund und Boden, 94 Ar im Umfange, 12 000 M., der Baulichkeiten 220 000 M. und der instrumentellen Ausrüstung 61 500 M., wovon 22 200 M. auf das Heliometer¹⁾, 8 Fuß Brennweite und 6 Zoll Öffnung, von Merz und Mahler und 12 900 M. auf den Meridiankreis, 6 Fuß Brennweite und 52 Linien Öffnung, von Pistor und Martins entfielen. Das bei weitem kostspieligste Instrument ist hiernach das Heliometer gewesen. *Argelander* hatte die Anschaffung eines solchen vor der eines großen Refraktors, der nicht viel mehr gekostet haben würde, vorgezogen, weil

¹⁾ Bei einem Heliometer ist das Objektiv mitten durchgeschnitten und die beiden halbkreisförmigen Hälften sind mikrometrisch gegeneinander verschiebbar.

damals gerade verschiedene Sternwarten mit Refraktoren ausgerüstet worden waren, während bis dahin nur eine Sternwarte, die Königsberger, ein großes Heliometer besaß. Es ist tatsächlich aber in der Folge der Meridiankreis in den Händen *Argelanders* das Hauptinstrument der Bonner Sternwarte gewesen, während mit dem Heliometer, anfangs wegen Mangel an Personal und später wegen seiner inzwischen veralteten Konstruktion, nur gelegentlich gearbeitet worden ist.

Die Lage der Bonner Sternwarte im freien Felde an der Poppelsdorfer Allee, in der Mitte zwischen Universität und den naturwissenschaftlichen Instituten in Poppelsdorf, ließ zur Zeit ihrer Gründung und für die damaligen Anforderungen der Wissenschaft nichts zu wünschen übrig. Es schwebte aber insofern ein Unstern über ihr, als bald nach Beginn des Baues im Anfange der vierziger Jahre die linksrheinische Eisenbahn geplant und dann gebaut wurde. *Argelander* erkannte auch sehr wohl die große Gefahr, die von dieser namentlich wegen der zu befürchtenden Erschütterungen drohte, und berichtete darüber wiederholt an den Kurator der Universität, zuerst am 24. November 1840, mit der Bitte, die Anlage der Eisenbahn in der Nähe der Sternwarte zu verhindern. Er glaubte aber schließlich sich mit einer Entfernung der Bahn von 1000 bis 1200 Fuß beruhigen zu dürfen. Tatsächlich ist die Bahn, so wie sie noch jetzt liegt, im Abstände von fast 400 Meter vorbeigeführt worden; ein größerer wäre auch mit Rücksicht auf andere Interessen nicht zu erreichen gewesen. Diese Entfernung genügte wohl bei den damaligen leichten und selten verkehrenden Zügen, sie ist aber leider gegenwärtig für die jetzt äußerst schweren Maschinen und Zuglasten, und wo die Züge in kaum zehn Minuten aufeinander folgen, ganz unzureichend geworden (sie müßte vier- bis fünfmal so groß sein), und so die schlimmste Störung der Arbeiten auf der Sternwarte entstanden; die inzwischen erfolgte völlige Umbauung mit Wohngebäuden ist viel weniger störend.

Die Meisterschaft *Argelanders* als Beobachter zeigte sich schon während der unerwartet langen Zeit, in der der Bau der Sternwarte sich hinzog. Ein kleinerer Geist hätte sich vielleicht in fruchtlosen Klagen über Brachlegung erschöpft, nicht so *Argelander*. Ohne alle Hilfsmittel beobachtete er vom Alten Zoll aus zunächst seinen klassischen Sternatlas, die „Neue Uranometrie, eine Darstellung der im mittleren Europa mit bloßem Auge sichtbaren Sterne nach ihren wahren, unmittelbar vom Himmel entnommenen Größen“, geleitet von dem Bestreben, der Nachwelt ein richtiges und zuverlässiges Bild von den derzeitigen Größenverhältnissen der hellen Fixsterne zu hinterlassen. Dann wandte er sich der damals noch in den ersten Anfängen liegenden Beobachtung der veränderlichen Sterne zu, ebenfalls mit

bloßem Auge oder nur mit einem Opernglas, und schuf seine noch jetzt ständig und mit größtem Vorteile angewandte Stufenschätzungsmethode zur Beobachtung des Lichtwechsels dieser Gestirne: er ist als der eigentliche Begründer dieses wichtigen Zweiges der Astronomie, der eine ungeahnte Entwicklung genommen hat, zu bezeichnen. Sobald endlich das erste der größeren bestellten Instrumente, ein fünffüßiges Durchgangsinstrument von Ertel in München, eingetroffen war, stellte er dies in einer hölzernen Hütte auf dem Alten Zoll auf und bestimmte mit ihm, in Fortführung von *Bessels* „Königsberger Zonen“ zwischen -15° und $+45^\circ$ Dekl., von Mai 1841 bis April 1844 in den „Bonner Nördlichen Zonen“ von $+45^\circ$ bis $+80^\circ$ Dekl. die genauen Örter von 22 000 Sternen.

Nach Fertigstellung der Sternwarte setzte *Argelander* diese wichtige Beobachtungsreihe auch noch nach Süden, soweit es unter der Breite von Bonn möglich ist, fort durch die von 1849 bis 1852 am Meridiankreise beobachteten „Bonner Südlichen Zonen“, die sich von -15° bis -31° Dekl. erstrecken und die scharfen Örter von 17 000 Sternen enthalten. Durch diese Arbeiten, in Verbindung mit der *Besselschen*, war eine erste Aufnahme des gestirnten Himmels, soweit er in unseren Breiten sichtbar ist, ausgeführt. Aber diese Aufnahme hatte zwar scharfe Sternörter geliefert, sie konnte jedoch nach Art der Beobachtung an den Meridianinstrumenten nicht entfernt als eine vollständige gelten und war deshalb für alle Untersuchungen über die Sternenvelt als Ganzes nicht geeignet.

Eine solche vollständige Himmelaufnahme war aber durchaus nötig, um überhaupt die Fixsternastronomie auf eine sichere Grundlage zu stellen. Dies Erfordernis der Zeit richtig erkannt, den gangbaren Weg zu seiner Erfüllung zielbewußt betreten und mit größter Energie bis ans Ende verfolgt zu haben, ist das große Verdienst *Argelanders*, das dadurch nicht beeinträchtigt wird, daß er auch hierbei in gewissem Grade auf den Schultern seines Lehrers *Bessel* stand. Auf *Bessels* Veranlassung waren die Berliner Akademischen Sternkarten durch ein Zusammenarbeiten vieler Astronomen angefertigt worden; *Argelander* selbst hatte hieran schon in Abo mitgearbeitet. Aber diese Karten beschränkten sich auf den Äquatorgürtel des Himmels von -15° bis $+15^\circ$ Dekl., und sie waren nicht gleichförmig und gleichartig bearbeitet. *Argelander* beschloß daher, für sich allein mit seinen Gehilfen auf der Bonner Sternwarte den ganzen nördlichen Himmel einheitlich zu durchmustern, dabei die Örter aller Sterne bis zur 9. Größe mit einer zu ihrer Identifizierung genügenden Genauigkeit zu bestimmen und ihre Helligkeiten nach einer einheitlichen Skala zu schätzen und zu verzeichnen.

So ist das große Werk zustande gekommen, das unter dem Namen der „Bonner Durchmusterung“, kurz als B. D. bezeichnet, überall in der wissen-

schaftlichen Welt auf der ganzen Erde bekannt und in den Händen eines jeden Astronomen ist. Die B. D. besteht aus einem dreibändigen Sternverzeichnis und einem Atlas von 40 großen Karten, enthaltend die Örter und Helligkeiten sämtlicher Sterne bis zur Größe 9,0 — und zwar in aller Vollständigkeit, hierin eben beruht der Hauptwert des Werkes — und von noch sehr vielen schwächeren, im ganzen von 324 198 Sternen, alle mindestens zweimal, viele öfters beobachtet, zwischen dem Nordpol des Himmels bis zwei Grad südlich vom Äquator. Beobachtet ist sie im wesentlichen in dem erstaunlich kurzen Zeitraum von 1852 bis 1859 an einem ganz kleinen Fernrohr, einem sogenannten Kometensucher, von nur 78 mm Öffnung, 63 cm Brennweite und neunmaliger Vergrößerung, wohl „das kleinste Fernrohr der Welt, mit dem das größte Werk geschaffen ist“, wie einmal beim Anblick desselben, das unverändert bis jetzt auf seinem Platz im Südturm der Bonner Sternwarte aufgestellt geblieben ist, ein amerikanischer, an die Rieseninstrumente seines Landes gewöhnter Astronom in gerechter Bewunderung ausrief. Durch die B. D. sind insbesondere erst die stellarstatistischen Arbeiten der neueren Zeit angebahnt worden, die aus der Verteilung der Sterne am Himmel und aus ihren Helligkeiten auf ihre Anordnung im Raume zu schließen suchen.

Die bis in alle Einzelheiten durchdachte planmäßige Anlage der Beobachtung und ihrer Berechnung, wie sie nur auf Grund langjähriger Erfahrung entworfen werden konnte, die unausgesetzte Überwachung ihres Fortschreitens und die Wahrung der Einheit des Ganzen sind das Verdienst *Argelanders*. Es muß aber gerechterweise hervorgehoben werden — und er selbst hat dies immer voll anerkannt —, daß er die Arbeit nicht so hätte durchführen können, hätte er nicht das Glück gehabt, gerade in jener Zeit sich in einer Reihe begabter Schüler, erst *Julius Schmidt* und *Friedrich Thormann*, dann namentlich *Eduard Schönfeld* und *Adalbert Krüger*, Gehilfen und Mitarbeiter gewinnen zu können, die in jugendlicher Kraft und Begeisterung die Hauptlast der eigentlichen Beobachtungsarbeit auf sich nahmen. Es mag an dieser Stelle bemerkt werden, daß *Argelander* auch sonst als Lehrer mit großem Eifer und Erfolg tätig war, sobald er nur Zuhörer fand, die seiner Wissenschaft regeres Interesse entgegenbrachten. Aus der von ihm begründeten Bonner Schule für praktische Astronomie sind, um nur einige Namen noch zu nennen, *Wilhelm Förster*, *August Winnecke*, *Benjamin Gould*, *von Asten* u. a. hervorgegangen. Zweimal berief ihn auch das Vertrauen seiner Kollegen zur höchsten Würde der Universität, er war Rektor 1850—51 und 1864—65.

Nach Vollendung der Bonner Durchmusterung im Anfange der sechziger Jahre wandte sich *Argelander* wieder einem Gebiete zu, auf dem er schon in Abo und Helsingfors tätig gewesen war

und durch die erstmalige zweifelsfreie und genaue Bestimmung der Richtung der Bewegung der Sonne gegen die Fixsterne seine ersten größeren wissenschaftlichen Lorbeeren geerntet hatte, der Erforschung der Eigenbewegung der Sterne, auf Grund älterer und eigener Beobachtungen, die er mit rastlosem Fleiße auch noch in seinem hohen Lebensalter am Meridiankreise anstellte. Nicht minder widmete er sich der fortgesetzten Beobachtung und Untersuchung des Lichtwechsels zahlreicher veränderlichen Sterne. Hauptsächlich muß aber noch erwähnt werden, daß *Argelander* als Vorsitzender der Astronomischen Gesellschaft, die unter seiner Führung 1863 in Heidelberg gegründet worden war, bei ihrer Versammlung in Bonn 1867 den Plan zu dem großen Zonenunternehmen der Astronomischen Gesellschaft entwarf, das durch einheitliches organisiertes Zusammenarbeiten zahlreicher Sternwarten die genaue Ortsbestimmung aller Sterne der Bonner Durchmusterung bis zur Größe 9,0 für die Epoche 1875 bezweckte. Das gewaltige Unternehmen ist inzwischen ganz nach *Argelanders* Plan und Programm durchgeführt, zur Hälfte von deutschen, zur anderen von ausländischen Sternwarten; es wird in Zukunft für die Untersuchung der Bewegungen am Fixsternhimmel von größter Wichtigkeit sein. Die Bonner Sternwarte ist daran mit der besonders sternreichen Zone von $+40^\circ$ bis $+50^\circ$ Dekl. beteiligt, deren Beobachtung am Pistor- und Martinsschen Meridiankreise und Bearbeitung 1869 von dem Observator *Tiele* begonnen und, noch zu Lebzeiten *Argelanders*, von den Observatoren *Fabritius* und *Seeliger* fortgesetzt wurde; später ist sie dann von den Observatoren *Deichmüller* und *Mönnichmeyer* vollendet worden.

Nach *Argelanders* Tode 1875 wurde sein Schüler und, wie oben berichtet, früherer Mitarbeiter bei der Durchmusterung, *Eduard Schönfeld* (geb. 1828 zu Hildburghausen, gest. 1891 zu Bonn) zum Nachfolger berufen. *Schönfeld* hatte sich 1858 an der Universität in Bonn habilitiert, war aber bereits 1859 als Direktor der großherzoglich badischen Sternwarte nach Mannheim gegangen, von wo er nun nach Bonn zurückkehrte, um pietätvoll ganz im Sinne seines Lehrers und Meisters die Arbeit der Bonner Sternwarte weiterzuführen. Unverzüglich widmete er sich selbst mit ganzer Kraft der schon früher geplanten und teilweise auch begonnenen Fortsetzung der Bonner Durchmusterung nach Süden bis zum Wendekreise des Steinbockes, d. h. so weit, wie es überhaupt die geographische Lage Bonns zuläßt.

Der erfahrene Blick und die Meisterschaft *Argelanders* bei dem Planen der Durchmusterung hatten sich nicht zum wenigsten darin gezeigt, daß er zur Durchführung ein kleines Fernrohr wählte, dessen geringe, aber — voll ausgenützt — genügende Kraft von selbst dem Ganzen eine feste Grenze zog und so eine einheitliche Fertig-

stellung in verhältnismäßig kurzer Zeit sicherte. Sie strahlen für jeden Kundigen in noch hellerem Lichte bei einem vergleichenden Blick auf die neuzeitliche internationale photographische Aufnahme des Sternenhimmels, die infolge ungenügender Erfahrung übermäßig und mit einem ungeeigneten Instrumententypus geplant, gegenwärtig, obschon seit mehr als 30 Jahren im Gange und trotz eines ungeheuerlichen Aufwandes von Kräften und Mitteln, noch immer Stückwerk ist und günstigstenfalles, wenn je vollendet, Flickwerk bleiben wird. Das besondere Verdienst *Schönfelds* ist es andererseits, daß er bei Fortführung der Durchmusterung zwar durchaus nach der bewährten Methode *Argelanders*, aber nicht sklavisch daran gefesselt, verfuhr, indem er die südliche Durchmusterung, unter Festhaltung der durch die nördliche gewonnenen Größenskala, mit einem viel stärkeren sechszölligen Fernrohre beobachtete und ihr so eine noch erheblich gesteigerte Sicherheit und Zuverlässigkeit verlieh.

Nach zehnjähriger rastloser, von ihm allein geleisteter Beobachtungsarbeit veröffentlichte *Schönfeld* 1886 die „Südliche Bonner Durchmusterung“ in einem Sternverzeichnisse und 24 zugehörigen Karten, enthaltend die Orte und Helligkeiten von 133 659 Sternen. Im Jahre darauf erhielt er einen Ruf an die prachtvolle neue Sternwarte (von *Winnecke* 1879–81 erbaut, aber durch seine Erkrankung bald wieder verwaist) der vom Deutschen Reiche in Straßburg in glänzender Weise geschaffenen Universität, den anzunehmen er sich aber nicht mehr rüstig genug fühlte. Die folgenden Jahre war *Schönfeld* noch mit Beobachtungen veränderlicher Sterne beschäftigt, doch wurde seine Gesundheit immer stärker durch ein Herzleiden beeinträchtigt, dem er 1891 erlag.

Als der Schreiber dieses im Oktober 1891 als Nachfolger *Schönfelds* die Leitung der Bonner Sternwarte übernahm, fand er sie noch in demselben Zustande, wie sie *Argelander* verlassen hatte, nur daß sich im Laufe der Jahre ein arger Verfall herausgebildet hatte, auch war die ganze bauliche Anlage und die instrumentelle Einrichtung gemäß dem Fortschreiten der Wissenschaft im Laufe eines halben Jahrhunderts naturgemäß durchaus veraltet. Eine völlige Erneuerung wäre nötig gewesen, es konnten aber hierfür zunächst nur sehr geringe Mittel bewilligt erhalten werden, auch war bei der äußerst massiven burgähnlichen Bauart des umfangreichen Gebäudes, das alle Beobachtungs-, Arbeits- und Wohnräume in sich vereinigt, eine wirklich durchgreifende Änderung überhaupt unmöglich. Unter diesen Umständen mußte es fürs erste genügen, wenigstens in den Meridiansälen durch Herausnahme der schweren Zwischendecken und Erweiterung der viel zu engen Spalte für einen besseren Temperatúrausgleich zu sorgen und sie wieder benutzbar zu machen. Bereits 1879 hatte auch die Sternwarte einen neuen sechszölligen Meridian-

kreis von A. Repsold und Söhne in Hamburg, dessen Anschaffung schon *Argelander* in seinen letzten Lebensjahren geplant hatte, erhalten. Er war aber wegen der Fortführung der Zonenbeobachtungen am alten Meridiankreise noch immer nicht zur Aufstellung gekommen. Inzwischen war der neue Kreis selbst schon wieder in mancher Hinsicht verbesserungsfähig geworden und mußte in der Werkstatt in Hamburg einer konstruktiven Ergänzung und Erneuerung unterzogen werden. Erst im Herbst 1893 konnte deshalb der Repsold'sche Meridiankreis, dessen Gesamtkosten einschließlich der Erneuerung sich auf rund 30 000 Mark belaufen, im Ostsäle an Stelle des Pistor und Martinsschen, der jetzt in dem weniger günstig gelegenen Westsaale seinen Platz erhielt, aufgestellt und in Gebrauch genommen werden. Die Bonner Sternwarte war damit bezüglich des Meridiandienstes — abgesehen davon, daß die Bauart der Meridiansäle und die örtliche Lage in der Stadt und in der von nahen Höhen umgrenzten Rheinniederung die Anstellung sogenannter absoluter Beobachtungen verbot — wieder auf der Höhe der Zeit.

Am Repsold'schen Meridiankreise ist dann zunächst in den folgenden zehn Jahren, von 1894 bis 1903, vom Verfasser unter Mitwirkung des Observators Professor *Mönnichmeyer*, eine Beobachtungsreihe angestellt worden, deren Ergebnisse in dem „Bonner Katalog von 10 663 Sternen für 1900“ veröffentlicht sind. Bei der Festlegung der Orte dieses Sternverzeichnisses wurde die erreichbar höchste Schärfe und insbesondere möglichste Freiheit von systematischen Fehlern angestrebt. Solche Fehler entstehen neben anderen namentlich durch die bei verschiedenen Beobachtern subjektiv verschiedene Auffassung heller und schwacher Sterne bei ihrer Ortsbestimmung; sie verfälschen die Sternörter und übertragen sich dann weiter in höchst störender Weise auf die hieraus abzuleitenden Bewegungsvorgänge des Fixsternsystems. Mit ihnen waren auch die einzelnen Stücke des erwähnten großen Zonenkataloges der Astronomischen Gesellschaft trotz der vorbeugenden Vorschriften *Argelanders* in verschiedenem Maße behaftet geblieben. Die Mittel zu schaffen, um sie davon zu reinigen und sie inniger untereinander zu verschweißen zu einem einheitlichen Ganzen, das für lange Zeit ein fundamentum astronomiae sein soll, war eins der Hauptziele, das bei der Herstellung des Bonner Sternkataloges für 1900 verfolgt wurde.

Nach der Indienstellung des Repsold'schen Meridiankreises bedurfte es vor allem noch der Ersetzung des anderen Hauptinstrumentes, des gänzlich veralteten Heliometers, durch ein neuzeitliches. Es konnte hierbei, namentlich da die Bonner Sternwarte überhaupt noch kein größeres Fernrohr besaß, nur ein Refraktor, d. h. ein Linsenfernrohr, in Frage kommen. Der Antrag zur Beschaffung eines solchen mittelgroßen — wie es den örtlichen Verhältnissen angemessen war —

optisch und photographisch zu benutzenden und mit Spektralapparaten versehenen Refraktors wurde von der Regierung 1897 bewilligt, und das Instrument Ende 1899 aufgestellt. Es ist ein Zwillingsrefraktor, von Repsold in Hamburg gebaut, die Objektive von Steinheil in München; das optische Rohr hat 36 cm Öffnung und 5,4 m Brennweite, das innig damit in einem einzigen Stahlrohre von ovalem Querschnitt verbundene photographische 80 cm Öffnung und 5,1 m Brennweite. Da der alte mittlere Hauptturm der Sternwarte, in dem das Heliometer steht, nicht genügend Raum dafür bot, so ist der Refraktor in einem besonderen ebenerdigen Gebäude mit drehbarer Kuppel von 9 m Durchmesser im Garten der Sternwarte, wo glücklicherweise noch eben ein guter Platz dafür war, aufgestellt. Die Kosten des Refraktors selbst haben 50 000 M. betragen, des Gebäudes mit Drehkuppel, Dunkelkammer und innerer Einrichtung 40 000 M.; hierzu sind dann in den folgenden Jahren noch Spektrographen und mikroskopische Meßapparate zum Ausmessen der Photogramme im Werte von zusammen 13 000 Mark gekommen, so daß die Gesamtkosten der ganzen Refraktoranlage sich auf 103 000 M. belaufen. Die Bonner Sternwarte war so mit Beginn des Jahrhunderts in den Stand gesetzt, die neuen, so außerordentlich fruchtreichen Beobachtungsmethoden der Astrophotographie und Spektrographie anzuwenden.

Von größeren Arbeiten, die bisher mit dem Bonner Refraktor ausgeführt sind, mögen hier nur kurz die folgenden erwähnt werden. Mit dem Spektrographen sind in den Jahren 1903 bis 1913 alle genügend hellen Sterne, an Zahl 300, mit linienreichen Spektren wiederholt aufgenommen und ihre Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie sowie die Wellenlängen der Spektrallinien bestimmt worden; daneben wurde zum ersten Male mit Erfolg die Sonnenparallaxe auf spektrophographischem Wege ermittelt¹⁾. Durch photographische Beobachtungen sind Sternparallaxen bestimmt und es ist ferner namentlich eine vollständige Aufnahme aller bemerkenswerteren Sternhaufen durchgeführt worden. Der leitende Gedanke bei dieser ist, durch scharfe Ausmessung und Auswertung der Photogramme der Sternhaufen, die zum Teil vollendet, zum Teil noch im Gange ist, die genauen Örter und Helligkeiten der einzelnen Haufensterne bis etwa zur 16. Größe zahlenmäßig in Verzeichnissen festzulegen und dadurch späteren Zeiten sichere und dauernde Unterlagen zu liefern für die Untersuchung der Änderungen und Bewegungen in diesen Weltsystemen, die uns zurzeit noch so viel Rätselhaftes bieten.

1) Durch Beobachtung der Linienverschiebung, die im Spektrum eines in der Ebene der Erdbahn gelegenen Sternes periodisch infolge des jährlichen Umlaufes der Erde um die Sonne eintritt. Es setzt dies die durch physikalische Methoden äußerst genau zu erhaltende Kenntnis der Lichtgeschwindigkeit voraus; ohne diese erhält man nur das Verhältnis der Bahngeschwindigkeit der Erde zur Lichtgeschwindigkeit, d. h. die Aberrationskonstante.

Zum Schluß möge der Blick zusammenfassend noch einmal auf die gegenwärtige und auf die mögliche zukünftige Lage der Bonner Sternwarte gerichtet werden. Die instrumentelle Ausrüstung kann zurzeit, wie gesagt, als eine genügende bezeichnet werden, namentlich in Erwägung, daß das wissenschaftliche Personal nach dem Staatshaushalt, ähnlich wie bei den anderen preussischen Universitätssternwarten in der Provinz, äußerst gering bemessen ist, indem es außer dem Direktor, der zugleich seine Pflichten der Universität gegenüber und als Lehrer zu erfüllen hat, nur aus einem Observator und einem Assistenten besteht, was eben nur notdürftig zur Bedienung der beiden Hauptinstrumente und zur Bearbeitung der mit ihnen gewonnenen Beobachtungen ausreicht. Die örtliche Lage der Sternwarte andererseits ist, obwohl seit *Argelanders* Zeit die Stadt völlig um sie herumgewachsen ist, nicht so viel schlechter geworden, als es vielleicht auf den ersten Blick scheinen könnte. Die benachbarten Häuserreihen verdecken zwar den unteren Teil des Himmels, doch ist dies nicht von Bedeutung, da so tief am Himmel doch keine genauen Beobachtungen angestellt werden können. Die Lage ferner im Rheintale ist nicht anders, als sie eben schon von Anfang an gewesen ist, nur daß sie jetzt bei den gesteigerten Anforderungen der Neuzeit einwandfreie absolute Ortsbestimmungen am Meridiankreise, die namentlich frei von systematischen Störungen der Strahlenbrechung in der Atmosphäre sein müssen, wie schon erwähnt, nicht wohl zuläßt. Ein Mangel, der nicht so empfindlich ist, da einmal in den letzten Jahren nicht weniger als drei ganz neue Sternwarten (auf dem Königstuhl bei Heidelberg, in Bergedorf bei Hamburg und in Babelsberg bei Berlin) in Deutschland in guter Lage für solche Beobachtungen errichtet sind, und weil andererseits dem Meridiankreise in Bonn noch immer das weite Feld der differentiellen Ortsbestimmungen offen steht.

Schädlicher ist schon die Störung durch die vielen grellen Lichter in nächster Nähe der Sternwarte und durch die nächtlich hell beleuchtete Dunstschicht der Stadt. Lichtvergleichen der Sterne mit bloßem Auge oder kleinen Instrumenten, wie sie *Argelander* und auch noch *Schönfeld* angestellt haben, sind fast unmöglich geworden. Desgleichen stört die starke Erhellung des Himmelsgrundes bei den photographischen Aufnahmen und schließt solche mit kurzbrennweitigen Instrumenten von großer Flächenintensität, wie sie z. B. auf dem Königstuhl mit großem Erfolge gemacht werden, völlig aus. Es scheint auch durch die starke Rauchentwicklung in der Stadt und über dem Rheine, infolge der sehr gesteigerten Schleppschiffahrt, die Bewölkung und, namentlich in den Morgenstunden, die Nebelbildung gegen die Zeit der Bonner Durchmusterung merklich zugenommen zu haben, was insbesondere die Bestimmung der Sternparallaxen, die zur Hälfte

an diese Stunden gebunden ist, schon recht erschwerte.

Besonders störend sind aber, worauf bereits oben hingewiesen wurde, die durch die Eisenbahn verursachten Erschütterungen, die sich vor allem am photographischen Refraktor trotz bester Fundamentierung unangenehm geltend machen, am meisten bei den eben genannten, schärfste Abbildung hellerer Sterne verlangenden Parallaxenmessungen, weniger bei den Aufnahmen der meist schwachen Sterne der Sternhaufen und den spektrographischen Arbeiten.

Wenn also auch die Bonner Sternwarte zurzeit durch passende Wahl der Arbeitsgebiete noch mit Erfolg ihrer Aufgabe als Forschungsinstitut hat gerecht werden können, so muß doch die Möglichkeit und Notwendigkeit ihrer Verlegung ins Auge gefaßt werden. Als Ort kann nur ein Punkt auf der Hochfläche des Venusberges, nicht zu weit von der Stadt und der Universität entfernt, in Frage kommen, der auszuwählen sein wird, sobald das schon früher einmal erörterte Projekt der Verlängerung der elektrischen Straßenbahn, die jetzt nur bis an den Fuß des Berges führt, bestimmtere Gestalt wird angenommen haben. Das Gelände selbst ist glücklicherweise in städtischem Besitze und somit der privaten Spekulation entzogen. Der Venusberg, im Süden der Stadt gelegen, erhebt sich zwar nur 120 m über dem Spiegel des Rheins, oder gut 100 m über dem jetzigen Niveau der Sternwarte, und wenn somit auch nicht allzuviel an Durchsichtigkeit der Luft gewonnen werden wird, so wird man sich doch über der schlimmsten Nebel- und Dunstschicht befinden, ferner in der wichtigsten Himmelsrichtung nach Süden, wo sich weithin der fiskalische Kottenforst erstreckt, völlig dunklen

Himmel haben, und namentlich frei von den mißlichen Erschütterungen des Bodens sein.

Die instrumentelle Ausrüstung wird auch dann in der Hauptsache durch den Repsoldschen Meridiankreis und den photographischen Refraktor schon gegeben sein; denn diese beiden Instrumente gehören zu den letzten und feinsten, die aus der berühmten, jetzt leider nicht mehr tätigen Werkstatt der Repsolds hervorgegangen sind, und sie werden bei sorgsamer Behandlung ganz sicher noch Jahrzehnte hindurch sich voll brauchbar erweisen. Zur Ergänzung dürfte nur ein Spiegelteleskop von etwa einem Meter Öffnung namentlich für spektrographische Beobachtungen und für die Photographie von Nebelflecken nötig sein. Ein Mehr an Instrumenten erschiene von Übel, solange wenigstens nicht das Personal erheblich erhöht würde; es ist fast immer bei dem Plan von Sternwarten der Instrumentenpark zu groß und die Zahl der Beobachter zu klein gemacht worden und damit nur eine Zersplitterung, ja direkte Lähmung der wissenschaftlichen Tätigkeit bewirkt worden.

Die neu aufzuwendenden Mittel für die instrumentelle Ausrüstung bei einer solchen Verlegung der Sternwarte werden sich also in mäßigen Grenzen halten. Um so höher werden die Kosten des Baues oben auf dem Berge sein, namentlich da zugleich Wohnungen für alle Angestellten errichtet werden müssen. Das Projekt dürfte deshalb erst dann zur Verwirklichung reif werden, wenn das jetzt schon sehr wertvoll gewordene Gelände der Sternwarte an der Poppelsdorfer Allee einen so hohen Wert erlangt haben wird, daß der Erlös zum größten Teile wenigstens die Kosten des Neubaus tragen kann.

Physik.

Von Prof. Dr. W. Kaufmann, Königsberg i. Pr.

Der gewaltige Strom wissenschaftlichen Fortschritts ist weder der Zeit noch dem Orte nach begrenzt; von allen Seiten her fließen ihm in stetigem, wenn auch bald langsamerem, bald schnellerem Flusse neue Quellen zu. Dennoch entbehrt es nicht eines eigenen Reizes, einmal eine einzelne Quelle daraufhin zu untersuchen, was sie seit Beginn ihres Fließens dem Ganzen zugetragen. Wenig über 100 Jahre steht die Universität Bonn als ein Zentrum wissenschaftlicher Forschung und Lehre da. Was sie in dieser Zeit der Physik an Fortschritten und Erkenntnissen geleistet hat, zu schildern, soll der Zweck dieser Zeilen sein.

Aus der *Optik*, die noch heute als ein Hauptarbeitsgebiet des Bonner Instituts gelten kann, finden wir bereits aus dem Jahre 1813 eine Arbeit des Astronomen v. Münchow über die durch isländischen Kalkspat erzeugten mehrfachen Bilder und bald darauf von demselben Verfasser in Ge-

meinschaft mit dem äußerst vielseitigen und auch physikalisch vielfach tätigen Chemiker Bischoff eine solche über die Verfertigung von achromatischen Objektiven.

Mit J. Plücker, der 32 Jahre lang (1836 bis 1868) den Lehrstuhl für Physik und Mathematik innehatte, beginnt die optische Forschung größeren Stils; zwar folgte auf seine erste theoretische Untersuchung aus dem Jahre 1839 („Discussion de la forme générale des ondes lumineuses“) eine durch magnetische Arbeiten ausgefüllte längere Unterbrechung, dann aber setzen seine eigenen optischen Forschungen über die Spektren verdünnter Gase im Jahre 1858 und wohl durch ihn beeinflusst die mannigfachen optischen Untersuchungen von A. Beer, beginnend mit der Dissertation (1848) „De situ axium opticorum in crystallis biaxibus“ ein. In engstem Zusammenhang mit dieser Dissertation stehen die Arbeiten Beers über die Lichtverteilung in dem bei der konischen

Refraktion entstehenden Ring sowie über Lichtabsorption in Kristallen. Die hierbei auftretenden photometrischen Begriffe leiten hinüber zu dem seit *Lamberts* Tagen arg vernachlässigten Gebiete der *Photometrie*, das von *Beer* durch das 1854 erschienene Werk „Grundriß des photometrischen Calcüls“ bereichert würde. Im gleichen Jahre gibt *Beer* für die von *Cauchy* ohne nähere Rechnungen mitgeteilten Formeln für die Reflexion des Lichtes an absorbierenden Körpern (Metallreflexion) eine Ableitung auf Grund der rein formalen Voraussetzungen *Cauchys*. Erst *Ketteler* (1875) löste das Problem mehr physikalisch auf Grund der Vorstellung mitschwingender Molekeln.

Wohl für immer verknüpft mit *Beers* Namen ist sein *Absorptionsgesetz* für Lösungen, daß nämlich die Absorption für einfarbiges Licht bloß abhängt von dem Produkte aus Dicke und Konzentration der absorbierenden Schicht. Das Gesetz ist viel umstritten worden. Erst viel spätere Forschungen ergaben die Beschränkung seiner Gültigkeit auf diejenigen Lösungen, deren Molekularzustand (Dissoziation, Hydratation usw.) sich innerhalb der vorliegenden Verdünnungsgrenzen nicht ändert. Noch enger sind die Grenzen der Brauchbarkeit der von *Beer* vorgeschlagenen Refraktionsformel ($(n - 1)/d = \text{const.}$ ($d = \text{Dichte}$)). Wir können sie wohl höchstens als Annäherungsformel für von der Einheit sehr wenig verschiedenes n betrachten und verwenden. Die letzten Arbeiten *Beers* beschäftigen sich mit dem so modern anmutenden Problem der Aberration und der Lichtfortpflanzung in bewegten Körpern (1855).

Die experimentellen optischen Arbeiten *Plückers* über die Spektre begannen, wie schon erwähnt, im Jahre 1858; ihre Krönung ist die klassische Arbeit von *Plücker* und *Hittorf* aus dem Jahre 1865 über die *mehrfachen Spektre* der Gase, deren Resultate, wie stets im Falle von Widersprüchen gegen allzu rasch festgewurzelte wissenschaftliche Meinungen erst nach langer Fehde allgemeine Anerkennung fanden. Das wichtigste Resultat der Arbeit ist die Konstatierung der Tatsache, daß ein chemisch elementares Gas je nach den Entladungsbedingungen gänzlich verschiedene Spektre emittiert, die „auch nicht eine einzige Linie gemeinsam haben“. In gleicher Richtung bewegen sich noch einige spätere Untersuchungen *Wüllners* (1868 und 1869).

Über die große Zeitspanne vom Jahre 1865 bis zum Jahre 1888 erstrecken sich die optischen Arbeiten *Ketteler*s und seiner Schüler. Von den Gegenständen seiner Forschungen interessieren hauptsächlich die Untersuchungen zur molekularen Theorie der Dispersion und Absorption. Die Grundlage der *Kettelerschen* Theorie ist — ebenso wie bei den unabhängig davon entstandenen Theorien von *Sellmeyer* (1871) und *Helmholtz* (1874) — die Annahme, daß die an ihre Ruhelage quasielastisch gebundenen Körpermolekeln (in der

späteren elektromagnetischen Theorie [*Ketteler* 1895] die in jenen enthaltenen Ionen und Elektronen) von den periodischen Kräften der Lichtwellen zum Mitschwingen veranlaßt und dadurch selbst zu Ausgangspunkten neuer Wellen gemacht werden, die sich zu den ursprünglichen addieren. Da die Molekeln aber infolge ihrer quasielastischen Bindung gewisse Eigenschwingungsperioden besitzen, so tritt in der Nähe dieser Perioden „Resonanz“ auf und damit entgegengesetzte Phasenverschiebung der Molekelschwingungen gegen die äußeren Kräfte auf beiden Seiten der Resonanzfrequenz; dies bedeutet aber einen raschen Übergang des von der betr. Molekelart herrührenden Anteils zum Brechungsexponenten von Werten, die kleiner als eins, zu solchen, die größer als eins. Sind die Eigenschwingungen durch eine Art Reibung gedämpft, so entsteht ein Energieverlust, der sich als Absorption, und zwar am stärksten in der Umgebung des Resonanzpunktes als des Punktes stärksten Mitschwingens bemerkbar macht. Bei starker Dämpfung ist die Resonanzkurve sehr breit und entsprechend sowohl die Absorption, als auch die Änderung der Brechung über ein breites Gebiet ausgedehnt, z. B. bei Farbstofflösungen. Bei schwacher Dämpfung sind die Absorptionsstreifen sehr schmal (z. B. die *D*-Linien des Na-Dampfes) und sowohl Absorption als auch Dispersion nur in unmittelbarer Nähe der Eigenfrequenzen, hier aber mit sehr großen Werten vorhanden.

Die experimentelle Prüfung seiner Formeln begannen *Ketteler* sowie von ihm angeregt *Pulfrich* in den Jahren 1881 und 1882 an alkoholischer Cyaninlösung zunächst außerhalb des eigentlichen Absorptionsstreifens. Später (1898) hat dann ebenfalls in Bonn *Pflüger* die Kurven auch im Absorptionsstreifen selbst für festes Fuchsin und Cyanin beobachtet und mit der *Kettelerschen* Theorie verglichen. Um Übereinstimmung zu erzielen, mußten sowohl *Pulfrich* als auch *Pflüger* die unregelmäßig verlaufende Absorptionskurve ziemlich willkürlich in mehrere Einzelstreifen zerlegen¹⁾. Der als Schüler *Ketteler*s eben genannte *Pulfrich* wandte sich bald selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Totalreflexion zu, als deren wichtigste Frucht wir das jetzt so weit verbreitete *Totalreflektometer* kennen. Das Prinzip des Verfahrens ist zurückführbar auf eine Anordnung *Wollastons* aus dem Jahre 1802, welcher die zu untersuchende Flüssigkeit, oder unter Zwischenschaltung einer stärker brechenden Flüssigkeit den zu untersuchenden festen Körper gegen eine Kathete eines rechtwinkligen Prismas aus möglichst stark brechendem Glase drückt und den Austrittswinkel des streifend eingetretenen Lichtstrahls aus der zweiten Kathete mißt. Ist der Probekörper ein doppeltbrechender Kristall,

¹⁾ Spätere Beobachtungen von *Koenigsberger* und *Küpperer* (1912) in Freiburg zeigten, daß bei Verwendung chemisch reiner Farbstoffe der Verlauf durch 1 oder höchstens 2 Partialstreifen darstellbar ist.

so ändert sich der Austrittswinkel bzw. spaltet sich der Grenzstrahl in zwei Teile, wenn der Kristall in seiner Ebene gedreht wird. Anstatt nun den Kristall allein meßbar zu drehen, ersetzt *Pulfrich* das Prisma durch einen drehbaren Kreiszylinder, auf dessen genau senkrecht zur Achse geschliffene Basis der Kristall aufgelegt wird. Die Neigung des aus der Zylinderfläche austretenden Grenzstrahls wird mittels eines drehbaren Fernrohrs gemessen. Bei dieser Anordnung genügen schon winzige Kristallsplitter zur Messung.

Nach *Pulfrichs* Übersiedlung nach Jena (1888) finden wir an optischen Arbeiten zunächst nur eine kurze Arbeit *Lenards* (1892) über ein einfaches Phosphoroskop, bis dann seit 1894 mit *Kayser* und seinen zahlreichen Mitarbeitern ein neuer Aufschwung optischer Forschung anhebt. Die Forschungsarbeiten *Kaysers* bewegen sich im wesentlichen auf dem Gebiet der exakten *Wellenlängenmessungen*. Schon vor seiner Bonner Zeit hatte *Kayser* in gemeinsamer Arbeit mit *Runge* wertvolle Beiträge zur Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten im Bau der Linienspektren („Serien“) geliefert. Nun sollte das Beobachtungsmaterial durch systematische Bearbeitung möglichst aller chemischen Elemente vermehrt und dadurch die Grundlage zu einer Art vergleichenden Spektroskopie der Elemente gelegt werden. Daß daneben natürlich auch Verbindungsspektren und neben den Emissionsspektren auch die Absorptionsspektren in den Bereich der Untersuchung gezogen wurden, versteht sich wohl von selbst.

Für die erfolgreiche Durchführung derartiger Untersuchungen und nicht minder für viele wichtige spektroskopische Probleme der Astrophysik ist es nötig, daß die Wellenlängen einer genügend großen Anzahl über das ganze Spektrum verteilter Linien mit ganz besonderer Genauigkeit gemessen werden, von denen ausgehend dann die übrigen durch Interpolation bestimmt werden können. Diese Messung von Wellenlängennormalen ist ebenfalls ein Teil des *Kayserschen* Arbeitsprogramms geworden, wie eine große Zahl von Veröffentlichungen vom Jahre 1900 ab zeigt. Die experimentelle Seite dieser Arbeit hat seit 1907 *Eversheim* übernommen und widmet sich seiner Aufgabe mit unermüdlichem Eifer.

Die vielen bei der Aufnahme von Spektren gewonnenen Erfahrungen konnten *Hagenbach* und *Konen* (1905) in ihrem wertvollen photographischen „Atlas der Emissionsspektren“ verwerten.

Als Krönung des *Kayserschen* Lebenswerkes aber müssen wir das Riesenwerk seines sechsbändigen „*Handbuches der Spektroskopie*“ nennen, ein Werk, in welchem mit unendlichem Fleiße und eingehendster Kritik eine fast überwältigende Fülle von Beobachtungsmaterial und Theorie zusammengetragen ist. Der Ruhm *Kaysers* wird nicht vermindert dadurch, daß er für ein-

zelne Kapitel seines Buches Mitarbeiter (z. B. *Pflüger*, *Konen*) herangezogen hat.

Von den späteren experimentellen Arbeiten *Pflügers* auf optischem Gebiet nennen wir noch die Fortsetzung der Absorptions- und Dispersionsmessungen an Cyanin im ultravioletten Spektralgebiet (1902), Prüfung des Kirchhoffschen Gesetzes an glühendem Turmalin (1902) (polarisierte Emission) sowie eine ganze Reihe von Untersuchungen zur Meßtechnik im Ultraviolett, so namentlich über die Anwendbarkeit der Thermosäule.

Hatte der Wissensbereich der Optik von Bonn aus ganz wesentliche Erweiterungen erfahren, so können wir die moderne Ausgestaltung der *Wärmelehre* geradezu als recht eigentliches Produkt Bonns betrachten. Hier knüpft sich alles an den einen klangvollen Namen von *R. J. E. Clausius*, der in Bonn von 1869 bis 1888 wirkend seine schon früher begonnenen Forschungen zur Theorie der Wärme fortsetzte und in seinem klassischen *Lehrbuch der mechanischen Wärmetheorie* zum Abschluß brachte. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, den Inhalt dieses ohnehin jedem Physiker bekannten Buches hier aufzuzählen. Nur an die Fundamente des von *Clausius* errichteten Gebäudes wollen wir kurz erinnern: es sind die von ihm so bezeichneten beiden „Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie“. Der I. Hauptsatz ist inhaltlich identisch mit dem von *R. Mayer* entdeckten Satz von der Erhaltung der Energie. Der II. H. S. gibt eine Anpassung des Carnotschen Satzes von der Bedeutung des Temperaturfalles, für den Nutzeffekt eines umkehrbaren Kreisprozesses an die im I. H. S. enthaltene neugewonnene Erkenntnis, wobei die bei *Carnot* noch unbestimmte Temperaturfunktion als die absolute Temperatur gedeutet wird. *Clausius* gibt dem Carnotschen Prinzip die äußerst anschauliche Form, „daß Wärme nicht von selbst (d. h. ohne Kompensation durch einen umgekehrten Vorgang, oder aber durch Arbeitsaufwand) von einem Körper niedriger zu einem solchen höherer Temperatur übergehen kann“.

Zu der mit einem Minimum von Voraussetzungen (eben den beiden H. S.) arbeitenden allgemeinen Wärmetheorie fügt *Clausius* aber noch die spezielle Theorie „Über die Art der Bewegungen, welche wir Wärme nennen“ (1857), d. h. die heute so genannte „kinetische Gastheorie“ oder Molekulartheorie der Wärme, welche die Wärme als kinetische Energie der Körpermolekeln betrachtet. Wenn *Clausius* auch in der Aufstellung der allgemeinen Grundlagen in *Dan. Bernoulli* (1746) und später in *Krönig* (1856) Vorläufer gehabt hat, so ist er doch der erste, der es verstanden hat, die Ideen der Gastheorie konsequent durchzuführen und ihr den Hauptteil ihrer noch heute gültigen mathematischen Grundlagen zu geben. So können wir *Clausius* als den eigentlichen Begründer der heute so große Triumphe feiernden physikalischen Atomistik ansehen.

Die grundlegenden Arbeiten *Clausius'* über die Gastheorie, namentlich die oben zitierte, sowie eine solche „über die mittlere Weglänge der Gasmoleküle“ (1858) und „über die Wärmeleitung der Gase“ (1862) waren schon vor seiner Bonner Zeit erschienen. Hier fügte *Clausius* noch wichtige Untersuchungen über das Ozon (1869), ferner über die Zustandsgleichung der Kohlensäure (1880), über die theoretische Bestimmung des Dampfdrucks und der Volumina des Dampfes und der Flüssigkeit (1881) und einige polemische Aufsätze hinzu. Seine Absicht, die Gastheorie in einem besonderen 3. Bande der mechanischen Wärmetheorie geschlossen darzustellen, hat *Clausius* selbst nicht mehr vollenden können. *M. Planck* hat gemeinsam mit *Clausius'* Schüler und Assistent *Pulfrich* die Herausgabe nach *Clausius'* Tod (1888) besorgt.

Auf dem Gebiet der *Elektrizität und des Magnetismus* finden sich aus der Bonner Frühzeit bereits eine Arbeit von *Bischoff* über die Voltasche Säule sowie von *Bischoff* und von *Münchow* über Voltas Fundamentalversuch.

Von bleibender Bedeutung sind die Arbeiten *Beers*, von denen wir hier seine elegant anschauliche Lösung des Problems¹⁾ der elektrischen und magnetischen Verteilung auf einem Ellipsoid im homogenen Felde nennen wollen (1855): Denkt man sich das Ellipsoid von zwei homogenen zur Dichte ρ positiv und negativ geladenen Ellipsoiden ausgefüllt und diese in der Feldrichtung um die sehr kleine Strecke s verschoben, so ist $\rho \cdot s = M$ das elektrische bzw. magnetische Moment der Volumeneinheit. Das von den an der Oberfläche überschießenden Ladungen herrührende Feld ist im Innern des Ellipsoides homogen, kann also bei passender Wahl von $\rho \cdot s$ ein homogenes äußeres Feld gerade kompensieren. Somit stellt die Dicke der zur Dichte ρ erfüllten Oberflächenschicht die gesuchte Influenzverteilung dar. Im magnetischen Falle muß $\rho s = M$ proportional der Summe von Außen- und Innenfeld sein. Die Formeln *Beers* wurden durch *Plücker* (1858) ergänzt und durch Messungen an Eisenellipsoiden bestätigt. Bekanntlich ist die Messung an Ellipsoiden noch heute die einzige exakte Absolutmethode zur Messung von Magnetisierungen. Zum Problem der „Unipolarinduktion“ zeigte *Beer* (1855), daß es dabei nur auf die relative Bewegung zwischen Leiter und Magnet ankomme und daß — im Gegensatz zu *Nobili* und *Plücker* — auf einem frei rotierenden Magneten keine Ladungsansammlung statthabe. Auch an den so gleich zu besprechenden magnetischen Arbeiten *Plückers* hat sich *Beer* gelegentlich beteiligt.

Die Bedeutung dieser über die Zeit von 1847 bis 1860 sich erstreckenden magnetischen Arbeiten *Plückers* wird nicht beeinträchtigt durch die Tatsache, daß sie sich zum Teil in gleicher Richtung

mit fast gleichzeitigen Arbeiten *Faradays* bewegen. Zum Ferromagnetismus erwähnen wir die Auffindung des fast gleichen Sättigungswertes verschiedener Fe-Sorten bei stark verschiedenen Anfangswerten, ferner das Sichdurchschneiden der Kurven für Ni und Co mit denen für Fe, endlich das verlangsamte Anwachsen des Magnetismus in großen Elektromagneten infolge von Wirbelströmen. Das magnetische Verhalten von Flüssigkeiten untersuchte *Plücker* in flachen Uhrgläsern, die er auf die einander genäherten Pole des Elektromagneten setzte; Gase brachte er in Seifenblasen eingeschlossen in das Feld und entdeckte 1848 fast gleichzeitig mit *Faraday* (1847) den Paramagnetismus des Sauerstoffs. Eine an der Wage hängende Wismutkugel wird in Eisenchloridlösung am stärksten, schwächer in Luft, noch schwächer in Wasser abgestoßen (Relativität des Dia- bzw. Paramagnetismus). Versuche einer quantitativen Bestimmung der Magnetisierungszahl κ des Wassers durch Vergleichung mit fein verteiltem Eisenpulver führten zu dem wenigstens der Größenordnung nach richtigen Resultat: κ etwa $1,3 \cdot 10^{-6}$ statt $0,8 \cdot 10^{-6}$. Ähnlich fand er für Sauerstoff etwa $600 \cdot 10^{-6}$ statt $84 \cdot 10^{-6}$. Den Temperaturkoeffizienten für das paramagnetische Nickeloxydul und für Fe-Oxyd bestimmte er zu $0,00325 = \frac{1}{308}$, während nach dem späteren Curieschen Gesetz $\frac{1}{273}$ zu erwarten war. Ebenso fand er bereits die annähernde Unabhängigkeit des Diamagnetismus von der Temperatur.

Äußerst umfangreich und wichtig sind sodann *Plückers* Untersuchungen zum magnetischen Verhalten der Kristalle: Während ein isotroper (nicht ferromagnetischer) Körper bloß im inhomogenen Felde eine Einwirkung erfährt, und auch dann nur, wenn ein die Feldrichtung enthaltender auf der Rotationsachse senkrechter Durchschnitt von länglicher Gestalt ist, wird eine aus einem nicht regulären Kristall geschnittene Kugel im allgemeinen im homogenen Felde gedreht, weil die magnetische Energie des Kristalls Funktion seiner Richtung ist. In Analogie zu den optischen Achsen definiert *Plücker* als „magnetische Achsen“ diejenigen Rotationsachsen des Kristalls, um welche ein homogenes Feld kein Drehmoment ausübt. Modernste Interessengebiete berühren wir bei *Plückers* im Jahre 1858 beginnenden Untersuchungen über die Einwirkung des Magneten auf die leuchtenden Entladungen in Gasen namentlich auf das die Kathode umgebende negative Glimmlicht, oder nach *Plückers* Bezeichnung die „Glimmlichtstrahlen“, die sich im Felde anscheinend nur parallel zu den magnetischen Kraftlinien ausbreiten und diese in ähnlich anschaulicher Weise erkennbar machen, wie der bekannte Eisenfeilichtversuch. Bei diesen Versuchen entdeckte *Plücker* die Zerstäubung der Metallelektroden, er beobachtete das analoge Verhalten des positiven Glimmlichts im Magnetfelde

¹⁾ Analytisch war das Problem schon von *Poisson* (1827) und *Green* (1828) gelöst.

mit einem biegsamen Leiter, dessen Enden an der Anode und an dem Endpunkt des negativen Glimmlichts angeheftet sind¹⁾. Bei der Ausführung dieser, hohe Luftverdünnungen erfordernden Versuche kam *Plücker* die von *Geißler* in Bonn zwar nicht erfundene (*Baader* 1784, *Hindenburg* 1787), aber doch zuerst in glastechnisch einwandfreier Form hergestellte und seitdem zum Gemeingut aller Physiker gewordene Quecksilberluftpumpe zustatten.

Mit *Clausius* fand auch die höhere Theorie der Elektrizität wieder ihre Stätte in Bonn. Die Resultate seiner Forschungen sind in Buchform als zweiter Band der mechanischen Wärmetheorie unter dem Titel: „Die mechanische Behandlung der Elektrizität“ (1879) zusammengefaßt. Wir nennen daraus zuerst *Clausius'* bekannte Molekulartheorie der Dielektriken, wonach die elektrische Verschiebung (nach jetziger Ausdrucksweise) innerhalb der einzelnen Molekeln vor sich gehen soll, indem entweder von vornherein getrennt vorhandene Elementarladungen verschoben oder gedreht, oder aber die als leitende Kugeln gedachten Molekeln influenziert werden. In beiden Fällen ergibt sich zwischen der Dielektrizitätskonstante K und einer dem relativen Volumen der Molekeln proportionalen Größe G die bekannte Beziehung $G = (K - 1) / (K + 2)$.

Von ganz besonderer Bedeutung sind *Clausius'* Ideen von dem Mechanismus der *Leitung in Elektrolyten* geworden. An Stelle der bis dahin allgemeinen Annahme, daß die Molekeln des Elektrolyten erst durch die elektrischen Kräfte selbst zerlegt werden, die er als mit dem Ohmschen Gesetz unverträglich nachwies, stellte *Clausius* die Vorstellung des *Dissoziationsgleichgewichts*: ein Teil der Molekeln wird fortwährend durch die mit der Wärmebewegung zusammenhängenden Stöße in entgegengesetzt geladene Teile zerspalten. Die Teilmolekeln (jetzt *Ionen* genannt) haben Gelegenheit, andere Molekeln zu spalten und sich mit einem der Spaltprodukte zu vereinigen, sie können auch durch Zusammenstoß mit einer entgegengesetzt geladenen Teilmolekel sich neutralisieren. Das Resultat dieser komplizierten Vorgänge ist ein Gleichgewichtszustand derart, daß jederzeit ein gewisser Prozentsatz der Molekeln in geladene Teile (Ionen) gespalten ist, welche im Falle einer von außen wirkenden elektrischen Kraft dieser frei folgen können und so die Träger des Stromes sind und als Zersetzungsprodukte an den Elektroden auftreten.

Eine thermodynamische Theorie der *Thermoelektrizität* versuchte *Clausius* bereits im Jahre 1853. Die Resultate blieben unvollständig. Erst

¹⁾ Die kugel- und zylinderförmigen Kathoden *Pls* waren der Beobachtung der von der Kathode ausgehenden, sich senkrecht zu den Magnetkraftlinien krümmenden „Kathodenstrahlen“ ungünstig; ihre Entdeckung blieb erst *Hittorff* in Münster (1869) vorbehalten, der ersichtlich durch seine frühere Zusammenarbeit mit *Pl.* angeregt war.

Budde (in Bonn 1870—73) hat 1874 die Beziehung $e = \pi \Theta$ [e = EMK pro Grad, π = Peltierwärme, Θ = absolute Temperatur] aufgestellt und experimentell bestätigt.

Zur Theorie der Elektrodynamik steuerte *Clausius* (1877) sein bekanntes „Elementargesetz“ bei, bei dessen Ableitung er sich bemühte, die Voraussetzungen so allgemein wie möglich zu machen, also sowohl die Geschwindigkeiten beider Elektrizitäten unbestimmt zu lassen, als auch über die Richtungen der auf die Teilchen wirkenden Kräfte keine anderen Voraussetzungen zu machen, als die aus der Symmetrie des Falles unbedingt folgenden. Nicht einmal das Reaktionsprinzip wird vorausgesetzt. Als erfahrungsgemäß zu erfüllende Bedingungen bleiben bloß die Forderungen, daß ein geschlossener Strom auf eine ruhende Ladung gar keine und auf einen anderen geschlossenen Strom die erfahrungsmäßig bekannte Kraft ausübt, sowie die Induktionsgesetze und das Energiesgesetz. So ergibt sich schließlich für das Potential zweier mit den absoluten Geschwindigkeiten v und v' bewegter Ladungen e und e' aufeinander der Wert:

$$V = k \frac{e e'}{r} v v' \cos (v, v').$$

Wenn auch für uns die damals noch im Vordergrund des Interesses stehenden elektrodynamischen Elementargesetze¹⁾ nur noch historischen Wert haben, so ist doch die außerordentliche logische Schärfe und Unbefangenheit des Verfassers größter Bewunderung wert. Eine ausgiebige literarische Diskussion mit *Zöllner*, *Froelich* und *Budde* (Bonn) führte zu sehr modern erscheinenden Fragestellungen über den Einfluß des Äthers, auf welchen die v und v' zu beziehen seien, sowie über die etwaige Beobachtbarkeit eines Einflusses der Erdbewegung. Der später in Bonn wirkende *Lorberg* versuchte (1877) dem Grundgesetz eine abgeänderte Gestalt zu geben. Fragen der *angewandten* Elektrizitätslehre wandte sich *Clausius* in seiner *Theorie der Dynamomaschine* (1883) zu. Alle Nebenerscheinungen, wie Wirbelströme, Kommutierungsvorgänge, sind genau berücksichtigt. Es folgt (1884) eine Theorie der elektrischen *Kraftübertragung*. Eine Theorie des Elektromotors mit Betonung der im rotierenden Anker erzeugten Gegenkraft hatte er schon 1857 veröffentlicht.

Mit *Clausius'* Tod (1888) war einer der letzten Vertreter der klassischen Fernwirkungs- und Potentialtheorie vom Schauplatz abgetreten. Noch seine Theorie der *Dynamomaschine* operiert durchaus mit „Polen“ im Feldmagnet und Anker und den Potentialen der Pole in bezug auf die Drahtwindungen, ohne anzudeuten, wie denn im konkreten Falle diese Pole zu berechnen seien.

¹⁾ *Helmholtz'* erst 1870 veröffentlichte Unternehmungen über die elektrodynamischen Gesetze haben diesen, wie aus einem Briefe an *Du Bois-Reymond* hervorgeht, auch schon i. J. 1857 in Bonn beschäftigt.

Unterdessen war der Kraftlinienbegriff *Faradays* in *Maxwells* Händen zu einem mathematisch brauchbaren Werkzeug umgeformt worden. Durch die experimentellen Untersuchungen von *H. Hertz* in Karlsruhe wurden die Faraday-Maxwellschen Anschauungen voll bestätigt. Als *Hertz* als *Clausius'* Nachfolger nach Bonn zog, konnte mit Recht Großes für die weitere Entwicklung der Elektrizitätslehre von hier erwartet werden. Leider setzten töckische Krankheit und Tod (1894) gar zu bald seinem Wirken ein Ziel. Aber das Wenige, was er in der kurzen Zeit seinen bisherigen Arbeiten hinzufügte, war hochbedeutsam. In seinen „*Grundlagen der Elektrodynamik*“ (1890) gab er der Maxwellschen Theorie diejenige endgültige Form, wie sie heute in den bekannten sechs *Maxwell-Hertzschen Gleichungen* zum Gemeingut von Physik und Elektrotechnik geworden ist. Im gleichen Jahre versuchte er die Aufstellung der Gleichungen für bewegte Körper, die aber von der Erfahrung nur teilweise bestätigt und dadurch Veranlassung zu den vielerlei experimentellen und theoretischen Forschungen wurden, auf Grund deren schließlich die moderne Relativitätstheorie entstand.

In einer experimentellen Arbeit „Über die mechanischen Wirkungen elektrischer Drahtwellen“ wies er mittels eines beweglich aufgehängten Drahttringes an einem Lecherschen Drahtsystem die gegen die elektrischen Wellen um eine Viertelwellenlänge verschobenen Wellen magnetischer Kraft nach.

Als direkte Frucht der Hertzschen elektrodynamischen Arbeiten müssen wir die modernste aller technischen Betätigungen, die *drahtlose Telegraphie* ansehen; sind doch die gewaltigen Funkentürme nichts weiter, als Hertzsche Wellenerreger, bloß in ums 100-fache vergrößerten Dimensionen.

Mit voller Klarheit erkannte *Hertz* die tiefergehende Bedeutung gerade seiner Arbeiten für die Erkenntnis der allgemeinsten Grundlagen physikalischen Geschehens; am Schlusse seiner Heidelberger Rede (1889) „Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität“ meint er, es „müsse die Kenntnis des Äthers uns auch das Wesen der Materie selbst und ihrer innersten Eigenschaften, der Schwere und Trägheit offenbaren“ „Der heutigen Physik liegt die Frage nicht mehr ferne, ob nicht alles, was ist, aus dem Äther geschaffen sei?“ „Es sind dies die letzten vereinten Gipfel eines Hochgebirges. Wird es uns vergönnt sein, jemals auf einen dieser Gipfel den Fuß zu setzen?“

Hertz selbst war es nicht vergönnt. Anders vielleicht, als er damals glaubte, erscheint die Aussicht von dem heute erklommenen Gipfel der Relativitätstheorie. Doch wenigstens einen neuen Pfad zum Gipfel zu weisen, war *Hertz* noch beschieden: Die so geheimnisvollen *Kathodenstrahlen* erwiesen vor *Hertz'* Forscherauge eine neue Eigenschaft, nämlich die Fähigkeit,

dünneste Metallschichten zu durchdringen (1892). Ein gerader Weg führt von hier aus über *Lenards* (Bonn 1892—95) Arbeiten zu *Röntgens* großer Entdeckung und zu allem, was an neuester Erkenntnis sich daran knüpfen sollte.

Die eben erwähnten Arbeiten *Lenards* über Kathodenstrahlen (1894 und 1895) benutzten die Hertzsche Entdeckung, um mittels eines dünnen Aluminiumfensters die Strahlen aus dem Erzeugungsraum in einen davon getrennten Beobachtungsraum zu leiten und so ihre Eigenschaften bei beliebigen Drucken, vom äußersten Vakuum bis zum vollen Atmosphärendruck zu untersuchen.

Das hierdurch wiedererwachte Interesse an den lange vernachlässigten Kathodenstrahlen ließ an anderer Stelle bald ihre wahre Natur als rasch bewegte *Elektronen* erkennen und aufhellen.

Die Frage nach der Natur der trägen Masse der Elektronen — ob mechanischer oder elektromagnetischer Herkunft — veranlaßte *Kaufmann* zu seinen Göttinger Versuchen an den β -Strahlen des Radiums, die er dann wegen der durch die Einsteinsche Relativitätstheorie veränderten Fragestellung in Bonn nochmals mit verfeinerten Mitteln wiederholte (1896). Eine — unaufgeklärt gebliebene — Diskrepanz seiner Resultate sowie die Frage nach einer möglichen Abänderung der Theorie veranlaßte *Bucherer* in Bonn zu einer Wiederholung der Versuche mit verbesserter Anordnung. Die Elektronenforschung steht schon auf dem Grenzgebiet zwischen der Elektrizitätslehre und der allgemeinen Grundlage der Physik überhaupt, der *Mechanik*. Hatte *Clausius* in seiner Molekulartheorie die Wärme als einen bloßen Spezialfall verborgener Bewegungen der Mechanik unterzuordnen gewußt, so versuchte *Hertz* in seinem nachgelassenen Werke „Die Prinzipien der Mechanik“ die Mechanik selbst von allen geheimnisvollen „Ursachen“ zu befreien und alles Geschehen auf reine Zwangsläufigkeit eines aus unendlich vielen Gliedern bestehenden Uhrwerks, auf „verborgene Bewegungen“ zurückzuführen. Ein erweitertes „*Trägheitsgesetz*“, das Prinzip der „geradesten Bahn“, angewandt auf die sichtbaren und verborgenen Bewegungen zusammen, sollte alles mechanische Geschehen erklären. Wir gehen wohl kaum fehl in der Annahme, daß *Hertz* in letzter Linie auch hier von dem Wunsch einer Erklärung der elektrischen Phänomene geleitet wurde.

Als ein Beispiel für verborgene Bewegungen können wir auch die Idee *W. Thomsons* von der Erklärung der Atome als unzerstörbarer Wirbelfäden in dem als ideale Flüssigkeit gedachten Äther auffassen; diese Idee fußt auf einer Arbeit von *Helmholtz* aus seiner nur kurzen Bonner Zeit (*Helmholtz* war Professor der Physiologie und Anatomie in Bonn 1855—58) „Über Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen“ (1858); *Helmholtz* zeigte hierin, daß in einer reibungslosen und inkompressiblen Flüss-

sigkeit einmal vorhandene Wirbelringe unzerstörbar und daß gewisse Konstanten derselben bei allen Bewegungen und Gestaltsveränderungen unveränderlich seien. Es ergaben sich ferner sehr interessante Analogien zwischen der Geschwindigkeitsverteilung der Flüssigkeit in der Umgebung eines Wirbelringes einerseits und den magnetischen Kräften eines geschlossenen elektrischen Stromes andererseits.

Mehr zum Grenzgebiete zwischen Physik und *Physiologie* gehören die optischen und akustischen Arbeiten *Helmholtz'* aus seiner Bonner Zeit. Hier sind zu nennen an optischen Arbeiten:

„*Über die Erklärung des Glanzes*“ (1856), worin die Empfindung des Glanzes aus der verschiedenen Helligkeit und Farbe erklärt wird, in welcher eine glatte Fläche infolge der spiegelnden Reflexion beim zweiäugigen Sehen von beiden Augen wahrgenommen wird.

„*Ein Telestereoskop*“ (1857), d. h. eine Spiegelkombination zur Vergrößerung der Tiefenplastik durch Erweiterung des Augenabstandes; der Apparat bildet die Grundlage unserer jetzigen Relieffernrohre und stereoskopischen Entfernungsmesser.

„*Über die subjektiven Nachbilder im Auge*“ (1858), worin die Fechnersche Theorie dieser Erscheinungen bestätigt wird, daß positive Nachbilder einer Nachdauer der Reizung, negative einer Ermüdung der Sehnervenendigungen ihre Entstehung verdanken.

Aus dem Gebiete der Akustik nennen wir:

„*Über Kombinationstöne*“ (1856). Hier wird die Entstehung der Differenztöne (Tartinische Töne) und der von *Helmholtz* selbst neu entdeckten Summationstöne zu erklären versucht durch Mitberücksichtigung der nichtlinearen Glieder in den Bewegungsgleichungen der schallfortpflanzenden Medien. Eine endgültige Entscheidung dieses Problems steht bekanntlich auch heute noch aus.

„*Über die Vokale*“ (1857). Der Klangcharakter der Vokale ist bedingt durch charakteristische Obertöne, deren Lage für jeden Vokal in ganz be-

stimmten absoluten Tonhöhegrenzen eingeschlossen, aber stets harmonisch zum Grundton ist. Es gelang *Helmholtz*, zum Beweise seiner Theorie Klänge von vokalischem Charakter aus einfachen — d. h. obertonfreien — Tönen synthetisch zusammenzusetzen.

„*Über die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie*“ (1857). „*Über die physikalische Ursache der Harmonie und Disharmonie*“ (1858). Die durch Schwebungen verursachten intermittierenden Reizungen des Ohres verursachen ein Unlustgefühl, das bei einer gewissen Frequenz der Schwebungen ein Maximum hat; zu langsame Schwebungen wirken nicht mehr als Rauigkeit, zu rasche entziehen sich überhaupt der Wahrnehmung. Wenn zwei Klänge wenig voneinander in der Tonhöhe verschieden sind, so wirken die Schwebungen der Grundtöne; wenn sie wenig von einem konsonierenden Intervall verschieden sind, so wirken die Schwebungen der benachbarten beiderseitigen Obertöne unlust-erregend im Ohre. In der Tat ist das Dissonanzgefühl beim Zusammenklang von obertonarmen Klängen bedeutend verringert.

Die hier begonnenen Untersuchungsreihen *Helmholtz'* sind zusammengefaßt in dem in Bonn begonnenen klassischen „*Lehrbuch der physikalischen Optik*“ und in dem populären Meisterwerk der „*Lehre von den Tonempfindungen*“.

So hat Bonn, das in schwerer Zeit, in einem durch lange Kriege erschöpften Lande vor hundert Jahren als Forschungsstätte eröffnet wurde, auf allen Gebieten physikalischer Forschung hervorragende Beiträge geliefert. In noch schwererer Zeit erlebte die Universität ihr hundertstes Jahr. Es war keine Zeit zum Feiern. Eine ungewisse Zukunft steht vor dem deutschen Volke und der deutschen Wissenschaft. Wir haben die feste Hoffnung und Überzeugung, daß sie allen Erschwerungen und Hemmungen zum Trotz weiter wachsen und zu ihrem Teil beitragen wird an der Wiederaufrichtung unseres schwer geprüften Vaterlandes.

Chemie.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Richard Anschütz, Bonn.

Die Gründung der Universität Bonn im Jahre 1818 fällt in eine Zeit, von der *Treitschke* mit vollem Rechte sagt: „Soweit Deutschlands historische Wissenschaften den Nachbarvölkern voraus-eilten, ebenso tief blieb der allgemeine Stand unserer Naturforschung hinter den Leistungen der Franzosen und Engländer zurück.“ Mit unverhohlener Geringschätzung sahen die Vertreter der Geisteswissenschaften an den deutschen Universitäten auf die Naturwissenschaften herab. Diese Mißachtung war einmal durch die Naturphilosophie verursacht, die sich vermaß, die dunkelsten und schwierigsten Probleme der Natur-

forschung ohne Experiment allein mit der Methode des nachsinnenden Denkens zu lösen. Dann durch den geringen Wert, der den Naturwissenschaften in den damals allein für das Universitätsstudium vorbildenden humanistischen Gymnasien beigemessen wurde. Gar kein Raum war in dem Lehrplan der humanistischen Gymnasien für Unterricht in der Chemie vorgesehen. Dadurch wird es verständlich, daß sich um jene Zeit einem Fach höchst selten Studierende zuwendeten, von dem sie in der Schule einfach überhaupt nichts erfuhren. Chemische Versuche sahen die Gymnasiasten nicht und so liegen die Verhält-

nisse im humanistischen Gymnasium im wesentlichen heute noch.

Immerhin waren an den damals neu gegründeten preußischen Universitäten in Berlin und Bonn Ordinariate für Chemie vorgesehen. Die Hochschullehrer für dieses Fach lieferte in erster Linie der deutsche Apothekerstand, aus dem auch der von Halle nach Bonn berufene *Karl Wilhelm Gottlob Kastner* hervorgegangen ist. *Kastner* hatte nicht nur die Chemie, sondern auch Pharmazie und Physik zu lesen, folgte aber schon 1821 einem Ruf nach Erlangen. Hervorgehoben sei, daß bei ihm der junge *Justus Liebig* seine Universitätsstudien begann und ihm nach Erlangen folgte.

Ein großer Verlust für Bonn war der Weggang von *Kastner* nicht. *Liebig*¹⁾ selbst urteilt über ihn: „Der Vortrag von *Kastner*, welcher als der berühmteste Chemiker galt, war ungeordnet, unlogisch und ganz wie die Trödelbude voll Wissen beschaffen, die ich in meinem Kopf herumtrug.“ *Kastner* hatte ihm versprochen, einige Mineralien mit ihm zu analysieren, aber, sagt *Liebig*²⁾, „er wußte es leider selbst nicht, und niemals führte er eine Analyse mit mir aus“. Die Chemie trug *Kastner* ohne Apparate vor, ihm persönlich stand ein kleines Privatlaboratorium zu Gebot, an eine praktische Unterweisung der Studierenden dachte niemand. Für den Betrieb seines Laboratoriums verfügte er über 400 Taler, von denen 50 für einen Gehilfen bestimmt waren.

Schon 1819 hatte das Ministerium den Erlanger Privatdozenten *Karl Gustav Bischof* als außerordentlichen Professor für Technologie berufen, dem einige Räume im Poppelsdorfer Schloß als Hörsaal und Laboratorium zugewiesen wurden. Ihm wurde nach *Kastners* Weggang auch die Vorlesung über allgemeine Chemie übertragen, während *Karl Dietrich von Münchow* zu seinen Lehraufträgen für Astronomie und Mathematik die Physik und *Nees von Esenbeck* der Jüngere die pharmazeutische Chemie übernahmen.

Bischofs Vorlesungen über Chemie fanden in Fachkreisen großen Beifall, er erwarb sich ferner aner kennenswerte Verdienste um die chemische Industrie, besonders der Rheinprovinz, auf seine Analyse und Anregung hin wurden die Sprudel von Lippspringe und Neuenahr erbohrt. Ebenso verdankt die in Burgbrohl heute noch blühende Fabrik der Brüder *Rhodium*, die unter Ausnutzung der dort der Erde entströmenden Kohlensäure Bleiweiß herstellt, ihm ihre Entstehung. Für *Bischofs* praktisch-chemische Untersuchungen stand ihm im Poppelsdorfer Schloß ein kleiner Raum zur Verfügung, in dem zur Not vier Personen arbeiten konnten. Der praktisch-chemische Unterricht war noch nicht an den Hochschulen entwickelt. Erst *Liebigs* im Jahre 1840 in seinen Annalen der Chemie und Pharmazie veröffent-

lichte vernichtende Kritik „Über das Studium der Naturwissenschaften und über den Zustand der Chemie in Preußen“ brach dem Laboratoriumsunterricht die Bahn. Was dieser Unterricht leisten konnte, bewies *Liebig* durch sein weltberühmt gewordenes kleines Unterrichtslaboratorium in Gießen, in dem er eine große Anzahl von Chemikern aller Kulturstaa ten aus bildete und in seine Lehr- und Arbeitsweise einführte. Über die im Poppelsdorfer Schloß damals *Bischof* zugewiesenen Räume fällt *Liebig* das gerechte aber vernichtende Urteil: „Ein vortreffliches Lokal, das zu allen anderen Zwecken vielleicht, aber nicht für ein Laboratorium passend ist.“

1845 habilitierte sich *August Wilhelm Hofmann*, einer der begabtesten Schüler *Liebigs*, in Bonn, das er jedoch nach kurzer Zeit verließ, um einem verlockenden Ruf nach London zu folgen.

Bischof richtete auf Drängen des preußischen Ministeriums den Gartensaal des Poppelsdorfer Schlosses als chemisches Unterrichtslaboratorium für 12 Praktikanten ein, in dem sich damals die später erst nach Dresden, dann nach Halle verbrachte Bibliothek der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher befand. *Carl Heinrich Detlev Boedeker*, der sich 1850 in Bonn habilitiert hatte, übernahm den praktischen Unterricht, folgte aber schon 1854 einem Ruf als außerordentlicher Professor der physiologischen Chemie nach Göttingen. Seine Stelle übernahm 1855 der als außerordentlicher Professor von Breslau nach Bonn versetzte Privatdozent *Friedrich Moritz Baumert*, der aber schon 1857 sein Entlassungsgesuch einreichte, „weil er bei der schlechten Beschaffenheit der Laboratoriumsräume krank geworden sei“.

Wiederum einen Breslauer Privatdozenten, den Züricher *Hans Heinrich Landolt*, berief das Ministerium als außerordentlichen Professor zum Nachfolger *Baumerts*. Der Laboratoriumsunterricht nahm unter diesem vortrefflichen Experimentator und pflichttreuen Lehrer einen solchen Aufschwung, daß bald an 30 Praktikanten in dem kleinen Laboratorium unterzubringen waren und *Landolt* seine Vorlesung über Experimentalchemie zweimal am Tage halten mußte, da der kleine Hörsaal die Schar seiner Zuhörer nicht mit einem Male faßte.

Im Jahre 1863 legte *Bischof* sein Lehramt nieder.

Zwei Schüler *Liebigs* hatten, nach ausländischen Universitäten berufen, sich einen glänzenden wissenschaftlichen Namen in der chemischen Welt erworben: *August Wilhelm Hofmann* aus Gießen, der frühere Bonner Privatdozent, und *Friedrich August Kekulé* aus Darmstadt, zuerst Privatdozent in Heidelberg, dann ordentlicher Professor der Chemie in Gent. Sie erhielten nacheinander den Ruf nach Bonn, zuerst *Hofmann*, der den Ruf unter der Bedingung annahm, daß

1) *Justus von Liebig* von *Jakob Volhard*, Bd. I, S. 19.

2) *Ibid.* S. 24.

dort ein großes chemisches Institut errichtet werden würde. So entstand nach seinen Ideen und dem von dem ausgezeichneten Universitätsarchitekten *August Dickhoff* entworfenen, höchst zweckmäßigen Plan in den Jahren 1864—1868 auf einem der Universität gehörigen Gelände in Poppelsdorf das jetzige chemische Institut mit einem Kostenaufwand von 433 000 M.; damals das größte in der Welt. Es enthielt, um vier Lichthöfe erbaut, drei Arbeitssäle mit zehn Nebenräumen, zwei Privatlaboratorien, einen großen und einen kleinen Hörsaal mit Vorbereitungszimmern und vier Sammlungsräumen. Im ersten Stockwerk befindet sich die aus 11 Wohnräumen, Küche und Badezimmer bestehende prachtvolle Dienstwohnung des Institutsdirektors. Dazu kamen Dienstwohnungen für den Hausmeister, einen Institutsdiener und zwei Assistenten. Geräumige Keller boten für Anlagen verschiedener Art Gelegenheit.

Als jedoch am 28. September 1863 der berühmte Vertreter der Chemie an der Universität Berlin, *Eihard Mitscherlich*, verschied, erhielt *Hofmann*, kaum nach Bonn berufen, den ehrenvollen Antrag, *Mitscherlichs* Nachfolger zu werden, den er annahm, nachdem ihm auch für Berlin der Bau eines chemischen Instituts zugesagt worden war. *Hofmann* überwachte den Bau beider Institute. Auf Bitte der englischen Regierung genehmigte das preußische Ministerium des Grafen von Bismarck-Schönhausen, ruhmreichen Andenkens, daß *A. W. Hofmann* ihr eine Beschreibung und die Pläne der beiden in Bonn und in Berlin errichteten Chemischen Institute zugänglich machte in dem Buch: „The chemical laboratories in course of erection in the universities of Bonn and Berlin“ by *A. W. Hofmann*, London 1866.

Das Bonner Institut war schon im Rohbau vollendet, als das preußische Ministerium 1867 *Kekulé*, den jüngeren Landsmann *Hofmanns*, berief. *Kekulé* und dem zum ordentlichen Professor ernannten *Landolt* wurde zunächst die gemeinschaftliche Leitung des chemischen Instituts übertragen.

Fünfzig Jahre waren seit Errichtung der Universität Bonn verflossen, bis sie ein chemisches Institut erhielt, das am 11. Mai 1868 seine Pforten der studierenden Jugend öffnete. Ein Jahr später übernahm *Landolt* das Ordinariat an der neu begründeten Technischen Hochschule in Aachen. Sein Bonner Ordinariat wurde in ein Extraordinariat zurückverwandelt und *Teophil Engelbach* übertragen, der jedoch schon 1872 starb.

Da in dem neuen Institut drei Arbeitssäle für je 20 Praktikanten vorhanden waren, so wurden außer der Vorlesungsassistentur eine Unterrichtsassistentur für organische und zwei für analytische Chemie errichtet, dazu kam eine Hilfsassistentur, eine Hausmeister- und drei Dienerstellen. Für sachliche Ausgaben verfügte der Leiter des Instituts jährlich über 3470 Taler,

ferner über 400 Taler für bauliche Unterhaltung und 50 Taler für die Pflege der Gartenanlagen. Damit war für Jahre hinaus das Bonner Chemische Institut das am reichsten ausgestattete in Deutschland.

Im Laufe der Jahre habilitierten sich eine große Zahl der Assistenten, denen das neue Chemische Institut vielseitige Anregung und die Möglichkeit wissenschaftlicher, selbständiger Experimentalarbeit darbot. Die meisten dieser Dozenten, über die im Verlauf der nachfolgenden Darstellung kurze Mitteilungen gegeben werden, errangen später als Hochschullehrer oder in der chemischen Industrie angesehene Stellungen. Während die Zahl der Habilitationen für Chemie von der Gründung der Universität bis zur Eröffnung des Chemischen Instituts nur zwei betrug, haben sich von 1868 bis zur Jetztzeit 26 Chemiker an unserer Universität den Dozententitel erworben. Zunächst seien die folgenden Gelehrten angeführt:

Reiner Rieth, aus Bonn, schon unter *Landolt* Assistent für analytische Chemie, habilitierte sich 1868, verließ die Universität 1869 und wurde später Gewerbeberater in Stade.

Karl Glaser, aus Kirchheimbolanden, *Kekulé's* Privatassistent in Gent, begleitete seinen Lehrer nach Bonn, unterstützte ihn bei der Einrichtung des neuen Instituts, übernahm die Unterrichtsassistentur für organische Chemie und habilitierte sich 1869. In demselben Jahre trat *Glaser* in die Badische Anilin- und Sodafabrik ein, deren technischer Direktor er 1884 wurde und die ihm ihr Aufblühen wesentlich mit verdankt.

Theodor Zincke, aus Ulzen, als Unterrichtsassistent im organischen Saal *Glaser's* Nachfolger, habilitierte sich 1872. Nach *Engelbach's* Tod wurde *Zincke* zum außerordentlichen Professor ernannt und folgte 1875 einem Ruf als ordentlicher Professor an die Universität Marburg an der Lahn.

Otto Wallach, aus Königsberg in Preußen, seit 1872 Unterrichtsassistent für organische Chemie, habilitierte sich 1873. Nach *Zinckes* Weggang erhielt er das Extraordinariat für Chemie. Dazu übernahm *Wallach* nach dem Tode von *Friedrich Mohr* 1879 die Direktion des pharmazeutischen Apparates, der damals in das Chemische Institut übergeführt wurde, und den Lehrauftrag für pharmazeutische Chemie. 1889 erhielt er als Nachfolger von *Viktor Meyer* das Ordinariat für Chemie in Göttingen.

Am 18. April 1873 verschied in München der Altmeister der Chemie *Justus von Liebig*. Als seinen Nachfolger berief das bayerische Kultusministerium *August Kekulé*, *Liebigs* berühmtesten Schüler. Nur mit schwerem Herzen entschloß sich *Kekulé*, diesen ehrenvollen Ruf abzulehnen. Das preußische Kultusministerium bot alles auf, um *Kekulé* in Bonn zu halten und erfüllte seine Wünsche, das Chemische Institut durch einen stattlichen Bau an der Nordseite zu

erweitern und eine fünfte Assistentenstelle zu errichten. Dieser in den Jahren 1874 bis 1876 ausgeführte erste Erweiterungsbau beanspruchte rund 114 500 M., brachte dem Institut drei weitere Arbeitssäle mit fünf Nebenräumen: im Kellergeschoß einen Arbeitssaal für länger dauernde Präparationen, im Erdgeschoß einen Arbeitssaal für physikalische Chemie und im ersten Stock einen Arbeitssaal für Einrichtung der praktischen chemischen Übungen der Medizin Studierenden.

Damit waren größere Aufwendungen für das Chemische Institut, solange *Kekulé* an seiner Spitze stand, abgeschlossen.

Die anfangs günstige Ausstattung des Instituts mit Betriebsmitteln litt unter dem wachsenden Besuch insofern, als die laufenden Aufwendungen für den Unterricht die Erwerbung neuer Apparate und Instrumente immer mehr beschränkten. Dadurch kam das Institut gegenüber besser gestellten gleichartigen chemischen Laboratorien anderer Hochschulen nach dieser Richtung hin allmählich in Rückstand.

Unter *Kekulé* habilitierten sich ferner die folgenden Assistenten:

Ludwig Claisen, aus Cöln, seit 1876 Unterrichtsassistent für organische Chemie, habilitierte sich 1878, verließ die Universität Bonn 1882, war von 1887 bis 1890 Privatdozent in München, erhielt 1890 die ordentliche Professur für organische Chemie in Aachen und folgte 1897 einem Ruf als ordentlicher Professor der Chemie nach Kiel.

Richard Anschütz, aus Darmstadt, seit 1875 Vorlesungsassistent, dann Privatdozent des Direktors, habilitierte sich 1878, erhielt 1882 die Unterrichtsassistentur für organische Chemie, wurde 1884 außerordentlicher Professor der Chemie, 1889, nach *Wallachs* Weggang nach Göttingen, Dirigent der praktischen Übungen der Chemiker, 1898 ordentlicher Professor der Chemie und Direktor des Chemischen Instituts in Bonn.

Heinrich Klinger, aus Leipzig, 1875 Unterrichtsassistent für analytische Chemie, habilitierte sich 1878. Nach *Wallachs* Weggang 1889 zum außerordentlichen Professor der pharmazeutischen Chemie ernannt, übernahm er 1895 zunächst in Stellvertretung für den erkrankten Professor *Spirgatis* die Leitung des pharmazeutischen Instituts der Universität Königsberg, die er 1896 endgültig erhielt und, nach *Wilhelm Lossens* Tode zum ordentlichen Professor der Chemie befördert, mit der Leitung des dortigen chemischen Instituts vertauschte.

Julius Bredt, aus Berlin, habilitierte sich 1889, erhielt im Wintersemester 1889/90 die Unterrichtsassistentur für organische Chemie und folgte 1897 einem Ruf als ordentlicher Professor der organischen Chemie und Nachfolger *Claisens* an die Technische Hochschule in Aachen.

Felix Klingemann, aus London, seit 1890 chemischer Assistent am Pharmakologischen Institut, habilitierte sich 1891, wurde 1893 Assistent

des Direktors des chemischen Instituts und trat 1894 als Vorsteher des Versuchslaboratoriums in die Teerfarbenfabrik von Leopold Casella & Co. in Frankfurt a. M. ein.

Heinrich Immendorff, aus Lingen in der Provinz Hannover, seit 1889 Assistent des Laboratoriums der Versuchsstation der Landwirtschaftlichen Akademie zu Poppelsdorf, habilitierte sich 1891 für das Fach der Agrikulturchemie, trat in den Lehrkörper der landwirtschaftlichen Akademie zu Poppelsdorf ein, kam 1893 als außerordentlicher Professor nach Jena und ist dort Direktor des agrikulturchemischen Laboratoriums des landwirtschaftlichen Instituts der Universität.

Emil Erlenmeyer, aus Heidelberg, 1891 Unterrichtsassistent für analytische Chemie, habilitierte sich in demselben Jahre, ging 1893 an das damals unter *Rudolf Fittigs* Leitung stehende chemische Institut der Universität Straßburg über, wo er 1896 zum außerordentlichen Professor ernannt und nach einigen Jahren in das Reichsgesundheitsamt berufen wurde.

Orren William Emery, aus Vernon in Indiana in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, habilitierte sich 1892, kehrte bald darauf in seine Heimat zurück, wo er eine Zeitlang als Lehrer der Chemie am Wabash College in Crawfordsville in Indiana wirkte.

Friedrich Heusler, aus Bonn, habilitierte sich 1894 hauptsächlich für technische Chemie und übernahm 1902 die Leitung der Dillenburg Hütte zu Dillenburg a. d. Dill.

Am 13. Juli starb *August Kekulé*. Fast 30 Jahre hatte er das Chemische Institut der Universität geleitet und ihm einen ausgezeichneten Ruf im In- und Ausland erworben. Als sein Nachfolger kam *Theodor Curtius*, aus Duisburg a. Rh., ordentlicher Professor der Chemie in Kiel, Entdecker des Hydrazins und der Stickstoffwasserstoffsäure, am 1. April 1897 nach Bonn. Bei seiner Berufung war ihm eine wesentliche Erweiterung des Chemischen Instituts in Aussicht gestellt worden. Von den beiden von *Curtius* mit dem Königlichen Baurat und Universitätsarchitekten *Robert Schulze* ausgearbeiteten Plänen: 1. Überbauung der beiden hinteren Lichthöfe zur Gewinnung zweier großer Arbeitssäle, 2. Überbauung nebst Verbreiterung des Querriegels des Instituts, bevorzugten die Ministerien den letzteren.

Noch ehe die Ausführung dieses Planes endgültig beschlossen war, folgte *Curtius* einem Ruf nach Heidelberg. Sein Nachfolger, der am 1. April 1898 zum ordentlichen Professor der Chemie und Direktor des Chemischen Instituts ernannte seitherige außerordentliche Professor der Chemie in Bonn *Richard Anschütz* führte den geplanten, ihm bewilligten Erweiterungsbau im Verein mit dem Königlichen Baurat und Universitätsarchitekten *Robert Schulze* vom Frühjahr 1899 bis Winter 1901 durch. Das Institut erhielt dadurch zwei neue große Arbeitssäle mit vier Nebenräumen im ersten Stockwerk, sechs neue Räume

im Erdgeschoß und zwei neue große Keller. Dazu kamen nach dem Plan von *Anschütz* ein Maschinenraum für eine Luftverflüssigungsanlage, Wechselstrommotor, Dynamomaschine und Schalttafel vor dem großen Hörsaal und ein Hochdruckdampfkesselraum im nordwestlichen Lichthof³⁾.

Der Arbeitssaal mit Neben- und Vorraum im Erdgeschoß des ersten Erweiterungsbaues bekam Einrichtungen für physikalisch-chemische Arbeiten: zur Bestimmung des Molekulargewichts, der Leitfähigkeit und zur Ausführung elektrolytischer und thermochemischer Arbeiten. Mit Unterstützung des Kultusministeriums erschien 1904 ein mit Zeichnungen und Plänen vornehm ausgestattetes Werk: „Das Chemische Institut der Universität Bonn“, herausgegeben von Dr. *Richard Anschütz* und *Robert Schulze*. Nach dem am Ende des Werkes mitgeteilten Zusammenstellungen betrugen die Gesamtkosten für den 1899–1902 durchgeführten zweiten Erweiterungsbau rund 332 200 M. Der nutzbare Raum umfaßte nunmehr eine Gesamtfläche von 6653 qm.

Im Wintersemester 1902/03 hörten Kronprinz *Friedrich Wilhelm*, Prinz *Eitel Friedrich*, im Sommersemester 1904 Prinz *Oskar* von Preußen Experimentalchemie bei *Anschütz*, wie im Jahre 1879 *Kaiser Wilhelm II.* als Prinz *Wilhelm* bei *August Kekulé*.

Wirkungsvoll erhöht wird der Eindruck des Instituts auf den von Bonn oder Poppelsdorf herankommenden Beschauer durch das im Vorgarten des Instituts errichtete Standbild von *August Kekulé*⁴⁾. Die Mittel zur Errichtung dieses von *Hans Everding* geschaffenen und am 9. Juli 1903 von dem Prinzen *Eitel Friedrich* von Preußen feierlich enthüllten Denkmals brachten die Freunde, Schüler und Verehrer des großen Chemikers zusammen, dessen geistreichen Theorien vor allem das Aufblühen der deutschen Teerfarbenfabriken zu danken ist.

Mit dem zweiten Erweiterungsbau des Instituts waren die baulichen Veränderungen, Verbesserungen und Neueinrichtungen keineswegs abgeschlossen. Im Jahre 1905 entstand der Verbindungsgang zwischen dem ersten Stockwerk des Erweiterungsbaues aus den Jahren 1876–1878 mit dem neuen Erweiterungsbau 1899–1901, der zugleich zum praktischen Laboratoriumsunterricht eingerichtet wurde. Bauliche Verbesserungen und Neueinrichtungen von zwei Arbeitssälen im Kellergeschoß, einem gasanalytischen Laboratorium ebendort, Erweiterung der nahrungsmittelchemischen Abteilung, Einrichtung einer Schreinerwerkstätte, einer Schlosserei, eines Apparate- und Gerätelagers vollzogen sich in den Jahren

1905, 1909, 1910, 1913 und beanspruchten zusammen rund 62 000 M.

Die Einrichtung der Zentral-Niederdruck-Dampfheizung erforderte eine Heizer- und Maschinenstelle, die sechste Unterbeamtenstelle des Instituts.

Die Betriebsmittel des Instituts wuchsen von 13 500 M. im Jahre 1895 auf 26 000 M. im Jahre 1901/03, auf 28 230 M. 1913/15, auf 29 530 M. 1916/18.

Entsprechend der Vermehrung der Laboratoriumssäle von 4 auf 8 stieg die Zahl der Unterrichtsassistenten von 3 auf 6, wozu noch Hilfsassistenten und ein Assistent für Nahrungsmittelchemie kamen, nachdem im Frühjahr 1901 das Chemische Institut Nahrungs- und Genußmitteluntersuchungen für die Stadt Bonn und später auch für die Gemeinde Poppelsdorf übernommen hatte.

Das in eine Abteilungsvorsteherstelle für Chemie umgewandelte Extraordinariat für Chemie erhielt 1898 als Nachfolger von *Anschütz* der Berliner Privatdozent Dr. *Eberhard Rimbach* aus Jülich, der 1904 zum außerordentlichen Professor befördert und dem die Lehraufträge für analytische Chemie, spezielle anorganische Chemie und physikalische Chemie übertragen wurden. Zum ordentlichen Honorarprofessor 1911 ernannt, legte *Rimbach* 1913 aus Gesundheitsrücksichten sein Amt als Abteilungsvorsteher nieder und behielt nur seinen Lehrauftrag für physikalische Chemie bei. Als Abteilungsvorsteher der analytischen chemischen Abteilung des Instituts versetzte dann das Ministerium den außerordentlichen Professor und Abteilungsvorsteher am Chemischen Institut Königsberg in Preußen, Prof. Dr. *Alfred Benrath* aus Düren, an das Bonner Chemische Institut und erteilte ihm die Lehraufträge für analytische und spezielle anorganische Chemie.

Als 1895 *Klinger* nach Königsberg versetzt worden war, kam an seine Stelle als außerordentlicher Professor der pharmazeutischen Chemie und Direktor des pharmazeutischen Apparates der Marburger Privatdozent *Alfred Partheil* aus Zerbst. Im Wintersemester 1903 versetzte das Ministerium *Partheil* nach Königsberg und übertrug bis auf weiteres die Verwaltung des pharmazeutischen Apparates der Universität Bonn (vgl. den folgenden Aufsatz) dem Direktor des Chemischen Instituts *Anschütz*. Die ebenfalls in eine Abteilungsvorsteherstelle umgewandelte außerordentliche Professur für pharmazeutische Chemie erhielt der zum außerordentlichen Professor ernannte Braunschweiger Privatdozent *Gustav Frerichs* aus Ripen, Kreis Wittmund in Ostfriesland.

Weiter oben war schon die Rede von der Übernahme von Nahrungsmitteluntersuchungen durch das Chemische Institut für die Stadt Bonn und die Gemeinde Poppelsdorf. Der Vertrag fand Ende 1898 die Genehmigung des vorgesetzten Mi-

³⁾ *Richard Anschütz*, „Das Chemische Institut der Universität Bonn nach dem in den Jahren 1899/1901 bewirkten Um- und Erweiterungsbau“, *Chemiker-Zeitung* (1902) 26, 1025–1029.

⁴⁾ *E. Rimbach*, „Das *Kekulé*-Denkmal in Bonn“, *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft* (1903) 36, 4614.

nisteriums. Kurz darauf erhielt das Chemische Institut die Berechtigung zur praktischen Ausbildung von Nahrungsmittelchemikern und wurde in dieser Hinsicht den anderen staatlichen Anstalten zur Ausbildung der Nahrungsmittelchemiker gleichgestellt. Prof. *Partheil* zunächst und nach seinem Weggang der von Königsberg nach Bonn übergesiedelte Privatdozent Prof. *Karl Kippenberger* aus Siegen erhielten den Lehrauftrag für Nahrungsmittelchemie und wurden Mitglieder der beiden Prüfungskommissionen für Nahrungsmittelchemiker. 1905 richtete das Ministerium eine dritte Abteilungsvorsteherstelle am Chemischen Institut für eine nahrungsmittelchemische Abteilung ein und übertrug sie Professor *Kippenberger*, der nunmehr auch die Vorlesungen über technische Chemie mit Ausschluß der Teerfarbstoffe aufnahm, die vor ihm nacheinander die Privatdozenten *Heusler* und *Binz* gehalten hatten. Die Teerfarbenchemie hatte als Privatdozent und Unterrichtsassistent für organische Chemie zuerst *Anschütz* am Institut gelesen und dafür zusammen mit *Bredt* einen praktischen Kursus eingerichtet, den später nacheinander die Privatdozenten *Binz*, *Schroeter* und *Meerwein* fortführten.

Es entstand allmählich eine stattliche Sammlung der der chemischen Schwer-, Leicht- und Veredelungsindustrie entstammenden Produkte, die in dem Hauptgang des Instituts in sechs Schränken aufgestellt ist, von denen die Elberfelder Farbenfabriken dankenswerterweise einen stifteten.

In der Zeit nach *Kekulé's* Tod habilitierten sich die folgenden Assistenten, die ihre akademische Lehrtätigkeit sämtlich im Chemischen Institut ausübten oder noch ausübten:

Walter Loeb aus Elberfeld habilitierte sich für das Fach der physikalischen Chemie erst in Aachen, dann 1898 in Bonn und war hier eine Zeitlang freiwilliger Assistent für physikalische Chemie, kam 1905, nachdem er den Professorstitel erhalten hatte, an die Akademie für praktische Medizin in Berlin und 1907 an das dortige städtische Rudolf-Virchow-Krankenhaus als Vorsteher von dessen chemischer Abteilung. Am 3. Februar 1916 starb *Loeb* in Berlin.

Georg Schroeter, aus Passenheim in Ostpreußen, Unterrichtsassistent für organische Chemie, habilitierte sich 1898 und folgte im Herbst 1909 einem Ruf an die Tierärztliche Hochschule in Berlin als etatsmäßiger Professor und Nachfolger des verstorbenen Professors *Pinner*.

Arthur Binz aus Bonn habilitierte sich 1899, war freiwilliger Assistent für organische technische Chemie am Bonner Chemischen Institut und folgte 1906 einem Ruf als Professor der Chemie an die Handelshochschule in Berlin, 1918 einem solchen an das Georg-Speyer-Haus in Frankfurt a. M.

Hans Reitter aus Wien, war von 1889 an mehrere Jahre Unterrichtsassistent für analytische

Chemie und dann Vorlesungsassistent am Chemischen Institut, habilitierte sich 1900 und folgte kurz nach seiner Habilitation einem Ruf als Professor der Chemie an die damals neugegründete Handelshochschule in Köln. Er starb in Bonn an den Folgen eines Unglücksfalls am 23. Mai 1912.

Hermann Pauly aus Deutz habilitierte sich 1901 und war eine Zeitlang Unterrichtsassistent am Chemischen Institut. Im Wintersemester 1904 siedelte er an die Universität in Würzburg über, an der er 1918 den Rang eines ordentlichen Professors der Chemie erhielt.

Conrad Laar aus Hamburg habilitierte sich 1883 an der Technischen Hochschule zu Hannover und 1902 in Bonn, hauptsächlich für das Fach der Photochemie.

Otto Schmidt aus Köln habilitierte sich 1903 und war eine Zeitlang Vorlesungsassistent am Chemischen Institut, bis er 1906 in die Badische Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen a. Rh. eintrat.

Emil Mannheim aus Neuwied habilitierte sich 1906 und ist seitdem Unterrichtsassistent für analytische Chemie im Pharmazeutensaal.

Hans Meerwein aus Hamburg habilitierte sich 1908, er war erst Unterrichtsassistent für analytische Chemie und ist seit 1909 Unterrichtsassistent für organische Chemie.

Julius Gewecke aus Hannover habilitierte sich 1908 und war von 1904 bis 1912 Unterrichtsassistent für analytische Chemie. Er gab diese Stellung auf, um sich durch das Studium der Medizin für physiologische Chemie auszubilden.

Alfons Deschauer aus Oberursel bei Frankfurt am Main habilitierte sich 1913, seit Sommersemester 1906 hat er die Stelle eines Vorlesungsassistenten am Chemischen Institut inne.

Robert Wintgen aus Solingen habilitierte sich 1914, als Volontärassistent für physikalische Chemie zugelassen, war er seit Sommersemester 1909 Unterrichtsassistent für analytische Chemie am Chemischen Institut und ging im Frühjahr 1917 als Assistent von Professor *Stock* an das Anorganische Laboratorium der Kaiser-Wilhelm-Akademie in Dahlem über.

Verständnisvoll unterstützt durch das Ministerium der geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten und das Finanzministerium hat sich im Verlauf der letzten 20 Jahre das Chemische Institut immer mehr zu einer Gesamtausbildungsstätte für alle Zweige der reinen, der physikalischen und der angewandten Chemie entwickelt. Es enthält Einrichtungen zur Ausführung jeder Art analytischer, präparativer und physikalisch-chemischer Arbeiten. In seinen 8 Arbeitssälen und 6 Nebenräumen sind für 340 Praktikanten Arbeitsplätze vorhanden.

Wohlgeordnete Sammlungen rein wissenschaftlicher chemischer Präparate, der chemischen Industrie entstammender Proben, eine gute Mineraliensammlung, eine Sammlung künstlicher Kri-

stalle, wissenschaftliche Tabellen, chemisch-technische Wandtafeln, zwei Projektionsapparate, zahlreiche chemische Apparate und physikalische Instrumente stehen für jede Art chemischen Unterricht zur Verfügung.

Zwei Bibliotheken, die des Chemischen Instituts mit über 5000 Bänden und des pharmazeutischen Apparates mit über 1500 Bänden unterstützen die wissenschaftlichen, experimentellen und historischen chemischen Untersuchungen.

Der Bestand an Lehrkräften für das Fach der Chemie ist im Sommersemester 1918 folgender:

Außer dem Ordinarius der gesamten reinen Chemie, zugleich Direktor des Instituts, leiten drei Abteilungsvorsteher, zugleich außerordentliche Professoren, den praktischen chemischen Unterricht. Von diesen hat der erste Lehraufträge für analytische und spezielle anorganische Chemie, der zweite für pharmazeutische Chemie und Toxikologie, der dritte für Nahrungsmittelchemie. Ein ordentlicher Honorarprofessor nimmt den Lehrauftrag für physikalische Chemie in Vorlesungen und dem dazu gehörigen praktischen Unterricht im Institut wahr. Von dem Vorsteher der nahrungsmittelchemischen Abteilung werden daneben mit Lehrausflügen verbundene Vorlesungen über technische Chemie gehalten, mit Ausnahme der Chemie der Teerfarbstoffe, die ein Privatdozent, der auch Unterrichtsassistent im organischen Saal ist, mit noch anderen Spezialkapiteln der organischen Chemie behandelt. Eine Reihe anderer Privatdozenten, zurzeit vier, halten Vorlesungen über Teile der organischen, der analytischen, der pharmazeutischen Chemie und der Photochemie.

Am Institut bestehen folgende neun Assistentenstellen: Vorlesungsassistent, Assistent des Direktors, Unterrichtsassistent für organische Chemie, vier Unterrichtsassistenten für analytische Chemie, ein Unterrichtsassistent für Mediziner, ein Assistent für Nahrungsmittelchemie.

Wohl ist durch den Weltkrieg der Betrieb des Instituts schwer geschädigt worden; sind doch sieben der neun Assistenten in den Heeresdienst eingetreten, von denen zwei den Heldentod erlitten, und die Zahl der Praktikanten sank fast auf ein Drittel⁵⁾. Allein mit ruhiger Zuversicht darf man im kommenden Frieden ein neues Emporblühen des Instituts erwarten. Denn der Weltkrieg hat eindringlicher, als es je geschehen

⁵⁾ Im Sommersemester 1914 hatten 319 Hörer (darunter 51 Frauen) die Vorlesung über anorganische Experimentalchemie belegt, im Sommersemester 1917 139 (68). An den praktischen chemischen Übungen im Laboratorium nahmen teil im Sommersemester 1914: 99 (12) Chemiker und Lehramtskandidaten, 84 (1) Pharmazeuten, 160 (12) Mediziner, zusammen 343 (25); im Sommersemester 1917: 43 (29) Chemiker und Lehramtskandidaten, 18 (3) Pharmazeuten, 66 (30) Mediziner, zusammen 127 (62). Ein Vergleich der eingeklammerten Zahlen zeigt gleichzeitig, wie sehr im Krieg das Frauenstudium zugenommen hat.

Abnorme Verhältnisse brachten der Waffenstillstand mit der Heimkehr unserer Studenten im Winter-

ist, unserem Volke die Bedeutung der Chemie für des Reiches Wohlfahrt vor Augen geführt.

Der pharmazeutische Apparat.

Wie die Chemie und Physik nach der Gründung der Universität zunächst durch *Kastner* gelehrt wurde, so auch die Pharmazie, die jedoch dann der Botaniker *Nees von Esenbeck* der Jüngere übernahm. Er richtete ein pharmazeutisches Laboratorium ein, das sich zuerst im Sommersemester 1833 in dem Vorlesungsverzeichnis aufgeführt findet und von da ab staatlich unterstützt wurde. Bald übernahm es der Staat ganz unter der Bezeichnung: „Pharmazeutischer Apparat“. Als *Nees von Esenbeck* im Jahre 1837 erkrankte, wurde der außerordentliche Professor *Carl Wilhelm Bergmann* aus Berlin, der sich am 10. November 1827 in Bonn habilitiert hatte, mit der Vertretung der Pharmazie in Vorlesungen und der Verwaltung des pharmazeutischen Apparates beauftragt und 1840 zum ordentlichen Professor der Pharmazie ernannt.

Unabhängig von *Bergmann* gründete der Apotheker 1. Klasse Dr. *Clamor Marquart* ein pharmazeutisches Laboratorium, zu dessen Eröffnung ihm am 14. November 1837 die staatliche Erlaubnis erteilt worden war. In diesem Laboratorium arbeitete 1840 der junge *Remigius Fresenius*, dort entstand seine später berühmt gewordene „Anleitung zur qualitativen Analyse“. Im Wintersemester 1844 soll sich *Marquart* für Pharmazie habilitiert haben. Später errichtete er in Bonn die bekannte Fabrik chemischer Präparate, die der jetzige Inhaber Dr. *Alfred Kölliker* nach Beuel verlegte.

Als *Bergmann* sich 1867 von seinen akademischen Verpflichtungen befreien ließ, berief die Regierung den Apotheker *Karl Friedrich Mohr* aus Coblenz, der sich 1864 für Chemie, Pharmazie, Geologie und Mineralogie habilitiert hatte, 1867 als Extraordinarius für Pharmazie und Verwalter des pharmazeutischen Apparates nach Bonn. *Mohr*, ein naturwissenschaftlich vielseitig gebildeter Gelehrter, ein selbständiger, eigenartiger Denker, hat sich für die Chemie durch die Ausbildung maßanalytischer Methoden besonders verdient gemacht. Ende Januar 1879 gab er wegen Krankheit seine Vorlesungen auf und starb am 27. September 1879.

Das 1868 eröffnete Chemische Institut der semester 1918/19, das Zwischensemester 1919 und das Sommersemester 1919. Die englischen Besatzungstruppen nahmen die zwei größten Arbeitsäle mit sechs Nebenräumen in Anspruch, um dort ihre im Heeresdienst stehenden Studenten in die Chemie einzuführen. Bei voller gegenseitiger Rücksichtnahme ist für den gewaltigen Andrang der deutschen Studenten der Arbeitsplatz für mehr als 600 Praktikanten auf äußerste beschränkt, die Vorlesungen müssen doppelt gehalten werden, da der Hörsaal bei weitem nicht ausreicht. Fester Wille, ernster, zäher Fleiß sucht über die tiefe Trauer um des Vaterlandes Not den Weg der harten Arbeit in eine bessere Zukunft.

Universität bot damals mehr als genügenden Raum, um den pharmazeutischen Apparat aufzunehmen, der unter *Mohr* samt dem pharmazeutischen Laboratorium in einigen Räumen des Nordostbaues des Universitätsgebäudes untergebracht worden war.

Der außerordentliche Professor Dr. *Otto Wallach* erhielt nach *Mohrs* Tod einen mit 1000 M. jährlich besoldeten Lehrauftrag für Pharmazie und die Verwaltung des pharmazeutischen Apparates, für dessen Erhaltung und Vermehrung eine Summe von 450 M. jährlich zur Verfügung stand und noch steht.

Der praktische Unterricht der Pharmazeuten konnte nunmehr aus den Mitteln des chemischen Instituts bestritten werden, so daß diese Summe von 450 M. zur Vermehrung der pharmazeutischen Bibliothek und Beschaffung teurerer Apparate, wie analytischer Wagen und Platinapparate, dient. In der Tat bildet die gesondert, in der Nähe der Arbeitsräume der Pharmazeuten aufgestellte Bibliothek auch für die Bibliothek des Chemischen Instituts eine sehr wertvolle Ergänzung.

Nach der Berufung von *Wallach* 1888 nach

Göttingen erhielt *Heinrich Klinger* wieder ein besonderes Extraordinariat für pharmazeutische Chemie in Bonn. Ihm folgte 1895 *Partheil*, als *Klinger* zunächst in Stellvertretung von Prof. *Spirgatis* die Leitung des pharmazeutischen Instituts in Königsberg übernommen hatte. Als 1903 *Wilhelm Lossen*, der ordentliche Professor der Chemie in Königsberg, starb, wurde *Klinger* sein Nachfolger und Direktor des dortigen Chemischen Instituts, während ihm als Leiter des pharmazeutischen Laboratoriums *Partheil* folgte.

In jene Zeit fiel die Umwandlung vieler naturwissenschaftlicher Extraordinate an preussischen Universitäten in Abteilungsvorstellungen. Auch das Bonner Extraordinariat für pharmazeutische Chemie erfuhr die Umwandlung in eine solche Abteilungsvorstellung, die *Georg Frerichs* aus Braunschweig erhielt, gleichzeitig zum nicht etatsmäßigen außerordentlichen Professor ernannt mit den Lehraufträgen für pharmazeutische Chemie und Toxikologie. Die einstweilige Verwaltung des pharmazeutischen Apparates führt seit 1903 der Direktor des Chemischen Instituts.

Mineralogie.

Von Geh. Bergrat Prof. Dr. Brauns, Bonn.

Nachdem durch Kabinettsbefehl vom 18. Oktober 1818 eine Universität zu Bonn gestiftet war, wurde in dem gleichen Jahre das *Naturhistorische Museum* mit einer zoologischen und einer mineralogischen Abteilung begründet, und die hierzu erforderlichen Räume im Poppelsdorfer Schloß bereitgestellt; sie lagen, wie die anderer Institute, zu ebener Erde, während in den oberen Stockwerken Dienstwohnungen eingerichtet wurden.

Der erste Direktor des Naturhistorischen Museums war *Georg August Goldfuß*, der als ordentlicher Professor der speziellen Naturgeschichte im Jahre 1818 von Erlangen nach Bonn berufen war und Zoologie wie Mineralogie, zu der damals auch Geologie gehörte, in ihrem ganzen Umfang zu vertreten hatte.

Schon zwei Tage nach dem Stiftungstag der Universität wurde der Oberbergamtsassessor *Johann Jakob Nöggerath* zum außerordentlichen Professor in der Philosophischen Fakultät ernannt, nachdem er sich bereit erklärt hatte, mineralogische, oryktognostische und geognostische Vorlesungen zu halten. Die noch fehlende Doktorwürde wurde ihm von der Universität Marburg verliehen. Ursprünglich war als Vertreter der Mineralogie *Karl Caesar von Leonhard*, Professor in Heidelberg, in Aussicht genommen, und Staatskanzler Hardenberg war bereit, dem berühmten Forscher und Lehrer das für jene Zeit ungewöhnlich hohe Gehalt von 2000

Thaler zu bewilligen, die Berufung scheiterte aber an dem Widerstand des Ministers des Innern, der *Nöggerath* für diese Stelle empfahl.

Im Jahre 1819 wird *Nöggerath* unter Vermittlung des Senates zum *Mitdirektor* des Naturhistorischen Museums bestellt und ihm ein Schlüssel dazu gewährt, die unbeschränkte Leitung blieb aber bei *Goldfuß*, *Nöggerath* hatte dienstliche Verrichtungen, wie später ein Assistent. Nachdem noch in dem gleichen Jahre der Naturalienhändler *Gerard Brassart* aus Köln zum *Konservator* am Naturhistorischen Museum ernannt worden war, eine offenbar sehr tüchtige und geeignete Kraft, war das Personal beisammen und die Arbeiten konnten beginnen.

Die Ausgaben für die erste Einrichtung des Museums und der Erwerb von Sammlungen wurden aus den „Einrichtungsfonds der Universität zu Bonn“, die mit recht reichlichen Mitteln bedacht waren, bestritten. Zugleich war zur Anschaffung von Apparaten und den in den letzten Jahren neu entdeckten Fossilien — unter Fossilien verstand man in jener Zeit vorzugsweise Mineralien, Versteinerungen hießen Petrefakten — für die mineralogische Abteilung der Betrag von 400 Thalern ausgeworfen worden. Hieraus wurden u. a. angeschafft: Modelle zur Erklärung der Kristalldekreszenzgesetze aus Paris zu dem Preise von 60 Thalern 22 Silbergroschen und 7 Pfennig Courant, Kristallmodelle von dem Mechaniker *Apel* unter Leitung des Hofrats *Haus-*

mann in Göttingen angefertigt, ein Bohnenberger'sches Elektroskop, ein Aerometer. Die zuerst genannten Modelle sind im mineralogischen Institut noch vorhanden, und ich habe nach Eintragung in das neue Inventar für eine sorgsame Aufbewahrung gesorgt.

Für den Erwerb von Sammlungen wurde nach einem ausführlich begründeten Antrag von *Goldfuß* der Betrag von 4107 Thalern aus den Einrichtungsfonds zur Verfügung gestellt und daraus für die mineralogische Abteilung die folgenden Sammlungen gekauft:

1. Eine Mineraliensammlung von Professor *Nöggerath*, 2330 Stück umfassend, für 400 Thaler. Mit dem Ankauf war die Bedingung verbunden, daß *Nöggerath*, solange seine Beziehung zur Universität dauere, keine Privatsammlung anlegen dürfe.

2. Eine Sammlung von Dr. *Klöcker* in Köln, 3469 Stück, unter denen eine Sammlung von 750 Stück rheinischer Fossilien als die vorzüglichste ihrer Art, die jemals zusammengebracht wurde, gerühmt wird. Es waren dies vor allem Mineralien aus dem Laacher Seegebiet. Der Preis betrug 1840 Thaler 22 Silbergroschen.

3. Eine Mineraliensammlung von Oberberggrat *Cramer* in Dillenburg für 1379 Thaler 15 Silbergroschen. Es ist dies vermutlich dieselbe Sammlung, die *Goethe* für Jena zu erwerben gewünscht hatte, aber aus Mangel an Mitteln nicht ankaufen konnte.

Auch eine Sammlung von Gesteinen aus der Umgebung von Karlsbad, zu der *Goethe* (1807) eine Erläuterung hatte drucken lassen, habe ich in arg verwahrlostem Zustande auf dem Speicher vorgefunden und ihr nach gründlicher Säuberung einen besseren Platz angewiesen. Es ist vielleicht interessant, über den wissenschaftlichen Wert dieser von dem Wappen- und Edelsteinschneider *Müller* in Karlsbad in den Handel gebrachten Sammlung das Urteil eines Zeitgenossen zu hören: „In Deutschland wird kaum ein geognostisches Kabinett von einiger Bedeutung vorhanden sein, dem jene so schöne und so trefflich erläuterte Karlsbader Suite fehlte, und dem Ausland dürfte sie auch nicht ganz unbekannt sein. Abgesehen von dem Nutzen, den diese Sammlung der Wissenschaft im allgemeinen in bezug auf die nähere Kenntnis einiger wichtiger Vorkommnisse problematorischer Formationen geboten hat und noch ferner bieten wird, glaubt Rezensent nicht unerwähnt lassen zu dürfen, welchen Vorteil er als Lehrer einer Hochschule schon seit mehreren Jahren davon gezogen hat. Jedesmal, sobald sich seine Zuhörer nur einigermaßen mit der Methode der Betrachtung und Bestimmung der Felsarten im allgemeinen vertraut gemacht hatten und zum Studium von Suitensammlungen dadurch vorbereitet waren, gab er ihnen zunächst die Karlsbader Suite mit dem musterhaften raasonierenden Goetheschen Verzeichnis in die Hände.“ Auch dieses Verzeichnis

habe ich noch gerade vor völliger Auflösung gerettet.

Außer durch Ankauf wurde die Sammlung durch Geschenke vergrößert, ich nenne hier nur die an Laacher Mineralien reiche Sammlung des Herrn Geheimrat *Nose*, des eifrigen Durchforschers des niederrheinischen Vulkangebietes, und die des Staatsministers *von Stein*, der wie sein Kollege *Goethe*, neben allen sonstigen Geschäften Zeit fand, sich dem Sammeln und dem Studium der Mineralien zu widmen, wie überhaupt die liebevolle Beschäftigung mit Mineralien zu jener Zeit viel weitere Kreise umfaßte als heute.

Nachdem die Einrichtungsfonds der Universität aufgebraucht waren, hat das hohe Ministerium es für zweckmäßig erachtet, dem naturhistorischen Museum einen eigenen Etat zu geben. Dieser erste Etat für die Jahre 1822–24 setzte sich in Einnahme und Ausgabe wie folgt zusammen:

Einnahme:

I. Jährlicher Unterhaltsbeitrag aus dem Haupteinkommen der Universität	900 Thlr.
II. Aus dem Verkauf von Doubletten an Gymnasien und höhere Schulen der rheinisch-westfälischen Provinz	170 „

Ausgabe:

I. Besoldungen u. Remunerationen	300 Thlr.
II. Zur Erhaltung und Vermehrung der Sammlungen	450 „
III. Zur Heizung und Erleuchtung	25 „
IV. Zu Utensilien	85 „
V. Insgemein	250 „

In der Position II der Ausgaben ist u. a. enthalten ein Betrag von 60 Thalern „zum Ankauf solcher Mineralien, welche zur Vervollständigung der verkäuflichen Sammlungen für die Gymnasien nötig werden“. Wir erfahren hieraus, daß das Naturhistorische Museum einen nicht ganz unbedeutenden Handel getrieben hat, und das für die humanistischen Gymnasien jener Zeit! Dieser Handel wurde länger als 30 Jahre betrieben, sicher zum Vorteil der kaufenden Schulen.

In den beiden folgenden Jahrzehnten wurde an den Bestimmungen über die Verwaltung nichts wesentliches geändert. *Goldfuß* blieb der Direktor des Naturhistorischen Museums und sah streng darauf, daß keine Übergriffe von seiten des Mitdirektors *Nöggerath* vorkamen; dessen Stellung war etwa die eines heutigen Kustoden. Dies wurde erst anders nach dem Tode von *Goldfuß*.

Ein mineralogisches Institut, in dem Studierende hätten arbeiten können, gab es um diese Zeit in Bonn ebenso wenig wie an einer anderen Universität. Für den Direktor war ein Arbeitszimmer zu ebener Erde bestimmt, dem Mitdirektor waren zwei Mansardenzimmer eingeräumt, andere Arbeitsräume waren nicht vorhanden. Wohl aber war schon im Jahre 1825 ein Seminar

für die gesamten Naturwissenschaften eingerichtet und dafür ein jährlicher Betrag von 400 Thalern bewilligt worden. Aus besonderen Mitteln wurde eine Handbibliothek und einige Instrumente beschafft. In dem von dem Minister unter dem 3. Mai 1825 genehmigten Reglement wird als Hauptzweck dieses Seminars bezeichnet, „einerseits Lehrer für die Naturwissenschaften an höheren Unterrichtsanstalten und vorzüglich an Gymnasien und Bürgerschulen zu bilden, und andererseits die naturwissenschaftlichen Studien auf der Universität in Bonn noch mehr zu befördern und ihnen ihre Würde wie ihren Anspruch auf den ihnen gebührenden Anteil an der allgemeinwissenschaftlichen Bildung der dortigen Studierenden zu sichern“. Die Leiter des Seminars waren die Professoren der Physik, Chemie, Zoologie, Botanik und Mineralogie, die Direktion wechselte ab. Das Seminar wurde von Anfang an gut besucht, seine Leistungen wurden derart anerkannt, daß in einem besonderen ministeriellen Erlaß den von den Preussischen Gymnasien in allen Provinzen abgehenden Schülern der Rat erteilt wurde, das Seminar in Bonn zu besuchen. Das Zeugnis über den erfolgreichen Besuch des Seminars ersetzte die Prüfung in den genannten Fächern bei der Prüfung pro facultate docendi. Teilnehmer, die sich durch Fleiß und Leistungen besonders ausgezeichnet hatten, erhielten Stipendien von 20 bis 40 Thalern. Auch einige Studierende der Philologie sollten angehalten werden, an den Übungen des Seminars teilzunehmen, damit sie eine allgemeine wissenschaftliche Bildung erhielten. Das Seminar wurde erst im Jahre 1887 aufgelöst, weil die Studierenden in den unterdessen errichteten Instituten die erforderliche praktische Anleitung erhielten. Als letzter hat *G. vom Rath* das Seminar für Mineralogie bis Ende des Jahres 1886 gehalten, es vertrat das noch fehlende mineralogische Institut.

Nach dem Tode von *Goldfuß* (1848) wurde der Privatdozent an der Universität Berlin, Dr. *Franz Hermann Troschel*, als außerordentlicher Professor der Zoologie berufen (1849) und zum Mitdirektor des Naturhistorischen Museums ernannt, während *Nöggerath* Direktor wurde, nachdem er schon im Jahre 1821 zum ordentlichen Professor der Mineralogie und der Bergwerkswissenschaften ernannt worden war und 30 Jahre lang die Stelle eines Mitdirektors versehen hatte. Die beiderseitigen Befugnisse wurden durch einen besonderen Ministerialerlaß geregelt.

Das Hauptarbeitsgebiet von *Goldfuß*, die Palaeontologie, lag seinem Nachfolger ebenso fern wie *Nöggerath*. Darum wurde im Jahre 1853 eine Kustodenstelle für die palaeontologische Sammlung errichtet und diese dem Privatdozenten Dr. *Ferdinand Römer* gegen eine jährliche Vergütung von 150 Thalern übertragen. Aus dieser Stelle hat sich im Laufe der Jahre die ordentliche Professur für Geologie und Palaeontologie entwickelt. Nach der Berufung *Römers* nach

Breslau im Jahre 1858 wurde Dr. *Andrä*, bis dahin Lehrer an der Bergschule in Saarbrücken, zu dessen Nachfolger ernannt. Wiederholte in den folgenden Jahren durch *Nöggerath* veranlaßte Anträge der Fakultät auf Beförderung *Andrä*s zum außerordentlichen Professor wurden von dem Minister mit der Begründung abgelehnt, daß in dessen Leistungen kein Grund zur Beförderung erkannt werden könne. Im Jahre 1882 wurde er wegen andauernder Kränklichkeit genötigt, aus seiner Stelle zu scheiden. Diese wurde nicht wieder besetzt, vielmehr wurde nunmehr Dr. *Clemens August Schlueter*, seit 1864 Privatdozent an der Universität und seit 1873 außerordentlicher Professor, am 10. Juli 1882 zum ordentlichen Professor der Geologie und Palaeontologie und zum Direktor der palaeontologischen Abteilung ernannt.

Unterdessen, zu Ostern 1856, hatte sich auch für das Fach der Mineralogie und Geologie ein junger Gelehrter habilitiert, dessen Namen bald weit über die Grenzen Deutschlands bekannt wurde, *Gerhard vom Rath*. Er hat es neben *Nöggerath* nicht leicht gehabt; wiederholte von ihm selbst ausgehende Anträge auf Beförderung zum außerordentlichen Professor blieben erfolglos, weil *Nöggerath* jedesmal zuvor die Beförderung Dr. *Andrä*s, seines Schützlings, verlangte. So wurde *vom Rath* trotz glänzender Leistungen erst im Jahre 1863 zum außerordentlichen Professor ernannt.

Im Jahre 1868 konnte *Nöggerath* sein 50-jähriges Jubiläum als Universitätsprofessor feiern, fünf Jahre danach wurde er von der Verpflichtung, Vorlesungen zu halten, entbunden; er starb am 13. September 1877. In unermüdlicher Sammelstätigkeit war *Nöggerath* bestrebt gewesen, die Sammlungen zu mehren, seine amtlichen Beziehungen zu den Bergwerken, die er als Mitglied des Oberbergamts dauernd aufrecht erhielt, kamen ihm hierbei sehr zustatten. Bis zu seiner Emeritierung als Professor war *Nöggerath* erster Direktor des Naturhistorischen Museums und brachte seine Autorität für die Anordnungen in der zoologischen Abteilung ebenso zur Geltung wie vor ihm *Goldfuß* in der mineralogischen. Erst nach dem Rücktritt *Nöggeraths* konnte *Troschel*, der schon im Jahre 1851 zum ordentlichen Professor ernannt war, und nun erster Direktor des Naturhistorischen Museums wurde, seine volle Tätigkeit für das Museum entfalten.

Nach dem Rücktritt *Nöggeraths*, am 16. Dezember 1872, wurde *Gerhard vom Rath* zum ordentlichen Professor der Mineralogie und Geologie ernannt; erst im folgenden Jahre wurde ihm die Direktion der mineralogischen Abteilung übertragen, mit der zunächst noch die der palaeontologischen Sammlung verbunden war. Eine Änderung hierin trat erst ein, nachdem der Kustos Dr. *Andrä* pensioniert und *Schlueter* in dem gleichen Jahre (1882) zum ordentlichen Professor der Geologie und Palaeontologie ernannt

war, indem ihm gleichzeitig die Direktion der palaeontologischen Abteilung übertragen wurde.

Durch den Hinzutritt einer neuen Abteilung wurde eine Änderung in den bisherigen Bestimmungen über die Direktion der naturwissenschaftlichen Sammlungen erforderlich. Vorerst wurde noch eine gemeinsame Direktion beibehalten; die Abteilungen erhielten den Namen „Museum“ und, sofern Arbeitsräume damit verbunden waren, den Zusatz „und Institut“. Der Vorstand jeder der drei Museen führte den Titel Direktor, die Verwaltung eines jeden Museums stand dessen Direktor selbständig zu, die gemeinsame Direktion hatte nur noch die Verwaltung des Schlosses usw. zu besorgen. Im Jahre 1890 wurde sie aufgehoben und jene Geschäfte dem Kastellan des Poppelsdorfer Schlosses übertragen.

Um die Zeit, als *G. vom Rath* zum Ordinarius ernannt worden war, wurden in Deutschland die ersten *mineralogischen Institute*, das in Leipzig und Straßburg, eingerichtet; in Bonn kam es noch nicht dazu aus Mangel an Platz. Erst nach dem Ende 1877 die Räume, welche bis dahin Prof. *Schlueter* als Dienstwohnung inne hatte, der mineralogischen Abteilung überwiesen waren, regte *G. vom Rath* die Begründung eines mineralogischen Instituts an und legte in einem Kostenanschlag für die anzuschaffenden Instrumente den Bestand des Straßburger Instituts zugrunde, mit dessen Leiter *P. Groth* ihn gleiche wissenschaftliche Bestrebungen in Freundschaft verbanden. Obwohl der angeforderte Betrag für Instrumente keine 4000 Mark erreichte, erhielt *G. vom Rath* Ende November 1878 die für ihn sehr schmerzliche Mitteilung, daß es nicht möglich gewesen sei, die Mittel zur Errichtung eines mineralogischen Praktikums (und eines zoologischen, das gleichzeitig beantragt war) in den Entwurf zum Staatshaushaltsetat einzustellen. Schon in der ersten Eingabe hatte *Rath* weitere Vorschläge davon abhängig gemacht, daß er Mitglied der wissenschaftlichen Prüfungskommission werde. Die erfolgte Ablehnung, schwerer Kummer in seiner Familie, wohl auch die wiederholt ausgesprochene Sorge, als Institutsdirektor den eigenen wissenschaftlichen Arbeiten weniger Zeit als bisher widmen zu können, veranlaßten ihn im Jahre 1880 unter Verzicht auf sein Gehalt die Direktion des mineralogischen Museums niederzulegen, zunächst unter voller Wahrung seiner Stellung als ordentlicher Professor. Am 25. Januar 1888 erhielt er die nachgesuchte Abschiedsbewilligung auch als Ordinarius, indem er gleichzeitig zum Honorarprofessor ernannt wurde. Am 23. April desselben Jahres ist er in Coblenz, im Begriff eine längere Reise zu unternehmen, einem Schlaganfall erlegen.

G. vom Rath persönlich hat für seine wissenschaftlichen Arbeiten ein mineralogisches Institut kaum entbehrt, da er sich in seiner Wohnung ein Laboratorium und einen Raum für kristallographische Arbeiten eingerichtet hatte. Unermüd-

lich war er hier tätig, wenn er nicht auf ausgedehnten Reisen neues Material für seine Untersuchungen sammelte; zwanzig stattliche Sammelbände seiner Abhandlungen legen Zeugnis ab von seinem Fleiß, ihr Inhalt rühmt den scharfen Beobachter, geübten Analytiker und unübertroffenen feinen Kristallographen. Mit den Fachvertretern der ganzen Welt stand er in regem Briefwechsel, alle Briefe, die an ihn gerichtet waren, sind erst vor kurzem in Besitz des mineralogischen Instituts übergegangen.

Für die ihm unterstellte mineralogische Abteilung sorgte *G. vom Rath* nach Maßgabe der vorhandenen Mittel durch Vermehrung der Mineralien- und Gesteinssammlung; auch alles, was er auf seinen Reisen sammelte und von befreundeten Fachgenossen als Geschenk erhielt, wendete er dem Museum zu. Vor allem aber ist es seinen Bemühungen zu danken, daß im Jahre 1874 die *Krantzsche Privatmineraliensammlung* mit etwa 14 000 auserlesenen Stufen von Mineralien und wertvollen Meteoriten zum Preise von 144 000 M. durch den Kultusminister Falk angekauft und zum größeren Teil der Universitätssammlung überwiesen wurde. Nach dem Tode *von Raths* erhielt das Institut dessen *Fachbibliothek* mit den Separatabzügen, die, seitdem weiter gepflegt, zu einer der besten Institutsbibliotheken geworden ist.

Nach dem Rücktritt *G. vom Raths* wurde der ordentliche Professor der Mineralogie und Geologie Dr. *Arnold von Lasaulx* mit Wirkung vom 1. April 1881 an von Kiel nach Bonn versetzt und zum Direktor des mineralogischen Museums ernannt; er war kein Fremder an der Universität Bonn, schon vom Jahre 1868—1875 hatte er ihr als Privatdozent angehört. Ihm war vorbehalten, was *Rath* versagt geblieben war, ein *mineralogisches Institut* einzurichten, nachdem er durchgesetzt hatte, daß die dem Institut zugewiesenen Arbeitszimmer aus dem nordöstlichen Turmbau in den nordwestlichen verlegt wurden und somit wenigstens die Arbeitsräume in dem gleichen Flügel untergebracht wurden wie der Hörsaal und die Sammlungsräume. Ferner wurde erstmalig ein *Diener* für das mineralogische Institut angestellt. Die aus dem neuen Institut hervorgegangenen Arbeiten legen Zeugnis davon ab, daß fleißig gearbeitet wurde. Aber nur kurze Zeit hatte *von Lasaulx* seines Erfolges sich zu erfreuen, schon am 25. Januar 1886 erlag er im 47. Lebensjahr einer rasch verlaufenden Herzkrankheit.

Als Nachfolger *von Lasaulxs* wurde der ordentliche Professor der Mineralogie und Geologie Dr. *Hugo Laspeyres* von Kiel nach Bonn versetzt und mit Wirkung vom 1. Oktober 1886 zum Direktor des mineralogischen Instituts und Museums ernannt. Seine erste Sorge war, die an sich sehr beschränkten Institutsräume nach Möglichkeit so zu gestalten, daß ein längerer Aufenthalt darin nicht geradezu gesundheitsschädlich wirkte; an den nicht unterkellerten und nicht heizbaren

Sammlungsräumen in dem nicht an die Kanalisation angeschlossenen Poppelsdorfer Schloß war in dieser Beziehung nichts zu bessern. Wer in der Zeit von Anfang Oktober bis Mitte Mai genötigt ist, längere Zeit in den Sammlungsräumen zu arbeiten, zieht sich unfehlbar eine heftige Erkältung zu, die Mineralien aber verschimmeln und zerfallen trotz aller Mittel, die dagegen ergriffen worden sind.

Diesen Übelständen kann nur durch einen *Neubau* abgeholfen werden. In der Tat war ein solcher *Laspeyres* schon bei seiner Berufung nach Bonn in Aussicht gestellt worden, ein genauer Bauplan wurde ausgearbeitet, als Bauplatz durch ministeriellen Erlaß der Platz an der Nußallee bestimmt, auf dem jetzt das geologische Institut steht, da kam unerwartet im Juli 1889 die Nachricht, daß nach Erlaß des Herrn Ministers von dem Neubau abgesehen werden müsse. Diese ohne jede Begründung mitgeteilte Entscheidung hat *Laspeyres* aufs tiefste verstimmt und verletzt. „*Pereant mineralia*“ hat er unter diesen Ministerialerlaß geschrieben. Das war vor 30 Jahren. Man kann ermessen, wieviel schlechter seitdem alle Verhältnisse geworden sind.

Trotzdem ließ sich *Laspeyres* die Ordnung und *Aufstellung der Sammlungen*, die allmählich sehr umfangreich geworden waren, angelegen sein, und mit Hilfe tüchtiger Assistenten — ich nenne nur *K. Busz*, *W. Bruhns* und *E. Kaiser* — war es ihm möglich, diese zum großen Teil durchzuführen, so daß die Schausammlung auf den Laien keinen üblen Eindruck macht, wenn ihm auch die durch den Raum bedingten Mängel nicht entgehen können, und der Schimmel und Verfall keinem Auge verborgen bleiben können. Durch Ministerialerlaß vom 21. Mai 1902 wurde auf Antrag von *Laspeyres* genehmigt, daß das Institut, das bisher den Namen Mineralogisches Institut und Museum hatte, künftig als Mineralogisches und Geologisches Institut und Museum bezeichnet werde. Irgendeine sonstige Änderung war damit nicht verbunden.

Die Ausgestaltung der Vorlesungen lag *Laspeyres* ganz besonders am Herzen; musterhaft sind die hierfür von ihm angelegten Sammlungen. Ein guter Projektionsapparat gestattete, mikroskopische Präparate und größere Objekte im polarisierten Lichte vorzuführen, das Praktikum fand lebhaftete Beteiligung.

Zunehmende Kränklichkeit zwang *Laspeyres*,

sich im Jahre 1906 von seinem Lehramt zurückzuziehen und die Direktion des Instituts niederzulegen; er starb in Bonn am 22. Juli 1913.

Als Nachfolger von *Laspeyres* wurde der ordentliche Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Kiel Dr. *Reinhard Brauns* als ordentlicher Professor der Mineralogie und Petrographie nach Bonn versetzt und ihm mit Wirkung vom 1. April 1907 die Direktion des Instituts übertragen, das von dieser Zeit an den Namen *Mineralogisch-Petrographisches Institut und Museum* führte. Zur Anschaffung von Instrumenten und Lehrmitteln wurden die erforderlichen Mittel zur Verfügung gestellt, die Stelle eines zweiten Assistenten wurde bewilligt, und — die Hauptsache — die Einrichtung eines Neubaus durch mündliche und schriftliche ministerielle Versprechung in Aussicht genommen, nachdem die Mängel der jetzigen Räume längst allseitig anerkannt waren. Mit Rücksicht hierauf lehnte *Brauns* eine unter sehr günstigen Bedingungen im Juni 1909 an ihn ergangene Berufung nach Leipzig ab, die Pläne für den Neubau wurden bis ins einzelne ausgearbeitet, der Kostenvoranschlag aufgestellt, die erste Rate sollte in den Etat 1915 eingestellt werden, durch den Ausbruch des Krieges mußte davon abgesehen werden. So befindet sich Institut und Museum jetzt im übelsten Zustand; Hörsaal und Arbeitsräume sind unzureichend, die Sammlungsräume sind überfüllt, der Eingang zum Museum mußte zugestellt, das Museum für Besucher geschlossen werden. Um in den Schränken Platz zu schaffen, mußten Mineralien und Gesteine in Kisten gepackt werden, für die kein anderer Platz als die Zwischengänge im Museum vorhanden ist, der Zerfall der Mineralien geht unaufhaltsam vor sich, die Etiketten werden vom Ungeziefer aufgefressen, die wertvolle Sammlung ist dem Untergang geweiht, das Unterrichtsmaterial kann den Studierenden nicht so zugänglich gemacht werden, wie es erforderlich wäre, für Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten durch Praktikanten ist kein geeigneter Arbeitsraum vorhanden. Das mineralogische Institut und Museum der Universität Bonn, das nach Zahl der Zuhörer, nach Umfang, Inhalt und Bedeutung der Sammlungen das beste in Deutschland sein könnte, ist das schlechteste geworden. So steht in einem der zahlreichen Berichte des jetzigen Direktors an den Herrn Minister.

Geologie und Paläontologie.

Von Geh. Bergrat Prof. Dr. G. Steinmann, Bonn.

Diese beiden Wissenschaften sind heute in einem Lehrstuhl und in einem Institute vereinigt. Sie waren aber bis zum Jahre 1906 in anderer Weise verteilt. Die Geologie war bis dahin mit der Mineralogie verknüpft, während die Paläontologie ursprünglich mit vom Zoologen vertreten und

erst später abgetrennt wurde. Die Geschichte der Geologie findet sich daher bis 1906 in dem Abschnitt Mineralogie mit behandelt, und auf diesen sei dafür verwiesen.

Der erste Vertreter der Zoologie *Georg August Goldfuß* gehörte zu den hervorragenden

Vertretern der paläontologischen Wissenschaft. Ehe er den Lehrstuhl in Bonn übernahm, hatte er sich schon in seiner früheren Tätigkeit in Erlangen mit paläontologischen Forschungen beschäftigt und hatte erkannt, welch ungeheuren Reichtum an Versteinerungen der deutsche Boden birgt. Die reichen Funde Frankens und des rheinischen Schiefergebirges bildeten den Ausgangspunkt für seine Studien, und diese gestaltete er nach einem großzügigen Plane aus. Ein gewaltiges, grundlegendes Werk, die „*Petrefacta Germaniae*“, wie es noch in keinem andern Lande damals bestand, wurde schon im Jahre 1826 in seinem ersten Teil veröffentlicht. Das Werk war dem Freiherrn von Stein gewidmet, der durch Ankauf der Beuthschen Sammlung und durch sonstige Unterstützung das Werk gefördert hatte. Die Bedeutung des Goldfußschen Monumentalwerkes und der für jene Zeiten umfangreichen Sammlung, auf der es sich aufbaute, wird noch heute jedem Paläontologen, der sich mit wirbellosen Tieren befaßt, zum Bewußtsein gebracht. Denn noch immer muß man bei paläontologischen Arbeiten über Wirbellose auf diese ersten musterhaften Darstellungen und namentlich auf die meist vorzüglichen bildlichen Darstellungen zurückgreifen. So erlangte das Bonner Museum früh einen Ruf weit über die Grenzen Deutschlands hinaus. Wenn auch das sechsbändige Werk nicht über die niederen Tiere i. bes. über Gastropoden hinaus gedieh und die höheren Tiere nur in einzelnen Abhandlungen von Goldfuß bearbeitet wurden, so war doch für die niederen Tierklassen ein grundlegendes Werk geschaffen. Aber Goldfuß dehnte seine Forschungen auch über den Rahmen Deutschlands hinaus aus. Auch von außerdeutschen Ländern floß ihm Material zu, und noch dicht vor seinem Tode im Jahre 1848 veröffentlichte er seine Untersuchungen über das erste Skelett eines riesigen Mosasauriers, den der Prinz Maximilian von Neuwied auf seiner Reise in den Vereinigten Staaten entdeckt hatte.

Auch der hochverdiente Zoologe Franz Hermann Troschel, der Nachfolger von Goldfuß auf dem Lehrstuhle für Zoologie, wandte sein Interesse, wenn auch in beschränkterem Maße, der Paläontologie zu. So blieb diese Wissenschaft engste mit der Zoologie verknüpft, bis sich Ferdinand Römer im Jahre 1848 für dieses Fach als Lehrer in Bonn niederließ. Fünf Jahre später wurde auch eine besondere Kustodenstelle für Paläontologie gegründet und dieser Teil des Museums vom zoologischen abgetrennt.

Nach Römers Fortgang im Jahre 1858 wurde zwar 6 Jahre lang die Paläontologie nicht durch einen Lehrer, sondern nur durch einen Kustoden vertreten. Erst mit der Niederlassung von Clemens August Schlüter begann im Jahre 1864 die ununterbrochene Vertretung der Paläontologie als Lehrwissenschaft. 1873 wurde er zum außerordentlichen und im Jahre 1882 zum ordentlichen Professor ernannt, und Sammlung und Institut

wurden von den übrigen Sammlungen im Poppelsdorfer Schloß selbständig abgetrennt.

Schlüter widmete sich vorwiegend der weiteren Erforschung der paläontologischen Schätze seines Heimatgebiets Westfalen und der Rheinprovinz. Die reichen Funde der Kreideformation Westfalens, das er selbst auch stratigraphisch genau untersuchte, bildeten den Hauptgegenstand seiner zahlreichen und z. T. umfangreichen Veröffentlichungen; wogegen seine Lehrtätigkeit allerdings mehr zurücktrat. Durch Ankauf seiner umfangreichen Sammlung wurde das Museum erheblich erweitert, ebenso durch gelegentliche Zukäufe. Diese konnten sich allerdings wegen der verschwindend geringen Mittel nur in ganz bescheidenen Grenzen bewegen.

Als nach dem Abgange Schlüters im Jahre 1906 der jetzige Vertreter Gustav Steinmann nach Bonn berufen wurde und ihm zugleich der Lehrstuhl für Geologie übertragen wurde, erwies sich die Errichtung eines ausreichenden größeren Institutsbaues als unabweisbare Notwendigkeit. Es wurden daher bald die Pläne zu einem vierstöckigen Neubau entworfen. Dieser wurde im Juni 1909 in der Nußallee nahe beim Poppelsdorfer Schloß begonnen und nach nicht ganz zwei Baujahren schon bezogen. Das Gebäude enthält im Kellergeschoß zu ebener Erde die Werkstätten, Dienerwohnungen und dergleichen, das Erdgeschoß wird ganz von Sammlungen eingenommen, im Obergeschoß liegen Hörsaal, Verwaltungsräume, Bücherei und die Übungsräume, während das gerade ausgebaute Dachgeschoß außer Sammlungsräumen die Arbeitszimmer für Dozenten und selbständige Arbeiter enthält. Mit dem Neubau konnten auch, soweit die beschränkten Mittel reichten, die literarischen Hilfsmittel und der Lehrapparat vervollständigt werden, so daß nunmehr ein den heutigen Bedürfnissen im wesentlichen genügendes Institut vorhanden ist.

Seitdem haben auch die Sammlungen noch erhebliche Vergrößerungen erfahren, besonders durch die reichen Funde aus Peru, die der jetzige Vertreter für Geologie von einer Reise in Verbindung mit Dr. Schlagintweit im Jahre 1908 mitgebracht hat. Ferner durch den Ankauf einer großen Sammlung Eifler Versteinerungen, die vom Rektor Dohm zusammengebracht wurde. Und schließlich durch den wissenschaftlich außerordentlich wertvollen Zuwachs, den die Expeditionen Dr. Wanners von den Sundainseln und Molukken erbracht hatten. Besonders die zweite Expedition nach der Insel Timor, an der sich auch außer Dr. Wanner Dr. Welter und der im Kriege gefallene Dr. Haniel beteiligten, erbrachten ein paläontologisches Material wirbelloser Tiere von erstaunender Reichhaltigkeit und überraschender Neuartigkeit.

Auch im Unterricht ist vor kurzem noch eine wichtige Lücke ausgefüllt worden. Die Familie des gefallenen Privatdozenten Dr. Haniel hat eine Professur für angewandte Geologie gestiftet, die

zum Jubiläum besetzt werden kann. Es sind auch schon beschränkte Mittel für den Ausbau eines entsprechenden Instituts vorhanden, und so

steht zu hoffen, daß auch dieser wichtige Teil des geologischen Unterrichts in kurzer Zeit entsprechend ausgestaltet sein wird.

Geographie.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Philippson.

Die Gründung unserer Universität fällt in eine Zeit kräftigen Aufschwungs der geographischen Wissenschaft, die sich damals lebhafteren Interesses der gebildeten Welt zu erfreuen begann. Große wissenschaftliche Reisen, besonders diejenigen *A. von Humboldts*, hatten den Grund für die physikalische Geographie gelegt; die beständigen Kriege und politischen Verschiebungen der Revolutions- und Napoleonischen Zeit hatten die Wissenschaft von der Natur und Oberflächengestalt Europas sowie die kartographische Darstellung mächtig gefördert und bessere Kenntnis der europäischen Länder in weiten Kreisen verbreitet. In Reaktion gegen die unnatürlichen und vergänglichen Staatenbildungen Napoleons lernte man den Begriff des natürlich begrenzten Landes von dem des Staates trennen und die Länder- und Völkerkunde selbständig von der Staatenkunde erfassen. Und aus Keimen, die das 18. Jahrhundert ausgesät hatte, entfaltete sich durch *Karl Ritter* die Lehre von dem Einfluß der Landesnatur auf die Geschichte und Kultur der Völker und Staaten.

Diese rege Entwicklung der geographischen Wissenschaft in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts hatte freilich zunächst noch nicht die Schaffung von eigenen geographischen Lehrstühlen an den deutschen Hochschulen zur Folge, außer der Ritterschen Professur in Berlin. Doch blieb die Geographie auch an unserer Universität von vornherein nicht unvertreten. In der *ersten Periode der Geschichte der Geographie an der Universität Bonn*, die wir von 1818 bis 1857 rechnen können, finden wir fast in jedem Semester in den gedruckten Vorlesungsverzeichnissen eine oder meist mehrere, zum Teil 4- bis 6-stündige geographische Vorlesungen angezeigt. Freilich, dies Bild regen Betriebes der Erdkunde schwindet, wenn man sich die Mühe nimmt, die Tabellen der wirklich gehaltenen Vorlesungen durchzusehen! Nur verhältnismäßig wenige geographische Kollegia sind zustande gekommen! Und zwar ist dieses kümmerliche Ergebnis nicht allein die Folge des Mangels an Zuhörern, der bei der geringen Zahl der damaligen Studentenschaft und in einem Nebenfache, fast ohne praktische Verwendbarkeit, erklärlich ist, sondern offenbar auch infolge geringen Lehrtriebes der Dozenten.

Zunächst war es der außerordentliche Professor *Philipp Strahl* (geb. 1780), seit 1827 Ordinarius für „die historischen Hilfswissenschaften“, der vom ersten Semester der Universität an bis zu seinem am 6. Mai 1840 erfolgten Tode fast

jedes Semester „statistische“ (politisch-geographische) und länder- und völkerkundliche Vorlesungen über Europa und einzelne Staaten, besonders Preußen, aber auch über „Allgemeine Geographie“, „Physische Geographie“, „Allgemeine Völkerkunde“, „Geschichte der Geographie“, „Theorie der Statistik“ anzeigte. Daneben las *Strahl* — eine uns heute seltsam anmutende Verbindung — über neuere Sprachen. Und während letztere Vorlesungen ziemlich gut besucht waren, kamen von den geographischen, zu denen er augenscheinlich geringere Lust hatte, nur sehr wenige zustande. Inwieweit *Strahl* überhaupt in die geographische Wissenschaft tiefer eingedrungen war, vermag der Berichterstatter nicht zu sagen; geographische Veröffentlichungen *Strahls* sind mir nicht bekannt. Seine wissenschaftlichen Arbeiten betrafen hauptsächlich russische Geschichte und Literatur.

Am 12. November 1828 habilitierte sich ein Geograph von Fach an unserer Universität, der er, wenigstens formell, durch 46 Jahre angehörte: *Georg Benjamin Mendelssohn* (geb. 16. November 1794 in Berlin). Er war der Enkel des bekannten jüdischen Philosophen *Moses Mendelssohn*; dessen ältester Sohn Joseph, der Begründer des Mendelssohnschen Bankhauses, ein vielseitig wissenschaftlich und schönggeistig interessierter Mann, vermählt mit Henriette Meyer, war der Vater unseres Georg Benjamin, letzterer also der Vetter des berühmten Musikers *Felix Mendelssohn-Bartholdy*.

Über den Lebenslauf und die persönliche und wissenschaftliche Eigenart Georg Benjamins, eines der hervorragendsten Mitglieder der an bedeutenden Erscheinungen so reichen Familie Mendelssohn, unterrichtet als einzige gedruckte Quelle¹⁾ der Aufsatz von *Paul Kämmerling*: „Georg Benjamin Mendelssohn und seine Schilderung des Riesengebirges“ (Festschrift des Geographischen Seminars der Universität Breslau zur Begrüßung des XIII. Deutschen Geographentages, Breslau 1901, S. 158—177). *Kämmerlings* Biographie benutzt, außer den hiesigen Universitätsakten, Mitteilungen aus dem Familienkreise, die besonders *Exzellenz Wach* (Leipzig) vermittelt hat.

Georg B. Mendelssohn wurde zunächst von Hauslehrern unterrichtet, besuchte dann nur ein halbes Jahr das Hamburger Gymnasium und bezog Ostern 1811 die Berliner Universität als

¹⁾ In dem bekannten Werke *S. Hensel*, Die Familie Mendelssohn, Berlin 1880, wird Georg B. nur im Stammbaum erwähnt.

Studierender der Medizin, „wendete aber bald vorwiegend naturwissenschaftlichen und philosophischen Studien sich zu. Als seine Lehrer werden außer dem Anatomen *Knape* und dem Physiologen *Rudolphi* genannt die Physiker *Turte* und *Erman*, der chemische Technologe *Hermstädt*, ferner *Fichte*, *Schleiermacher*, *Boeckh*, *F. A. Wolf*, *Klaproth*. Besonders anregend fesselten ihn 1814/15 die Vorlesungen von *Chr. Sam. Weiß* über Geologie und Mineralogie“ (*Kämmerling* a. a. O.).

Seine Studien wurden durch die Freiheitskriege unterbrochen, die er beide, den ersten als Freiwilliger, den zweiten als Offizier, mitmachte. Nach Beendigung des Krieges setzte er seine Studien in Kiel fort, erwarb dann ein Gut in Horchheim bei Coblenz, von wo er zahlreiche Wanderungen und Reisen im Rheinischen Schiefergebirge, durch andere Teile Deutschlands, durch die Schweiz und Italien unternahm. Es scheint, daß diese Reisen ihn zum Geographen gemacht haben. Denn diese Wissenschaft, von der die Nachrichten über seine Universitätsstudien schweigen, steht von nun an für mehrere Jahrzehnte im Mittelpunkt seines Strebens und Schaffens. Am 14. Mai 1828 promoviert er in Kiel mit der Dissertation „*Observationes geologico-geographicae de naturalibus soli in Germania formis*“, aus der *Kämmerling* (in der angeführten Schrift) die Beschreibung des Riesengebirges in deutscher Übersetzung wiedergibt. In dieser Arbeit zeigt sich bereits *Mendelssohn* als Meister in lebensvoller, klarer und charakteristischer, auf eigener Anschauung beruhender Beschreibung der Natur und besonders der Oberflächenformen, als Morphologe nach dem damaligen Stande der Wissenschaft; der genetische Gesichtspunkt tritt allerdings hier noch wenig hervor, und die Beziehungen zur Geologie sind ziemlich schwach. Auf Grund dieser Dissertation meldete sich *Mendelssohn* noch im selben Jahre in Bonn zur Habilitation für Geographie. Für die Wahl der Universität mag die Nähe seines Gutes mitbestimmend gewesen sein. Der Regierungsbevollmächtigte erteilte die Erlaubnis nur „in der Voraussetzung, daß sich der Kandidat zur christlichen Religion bekenne, weil entgegengesetzten Falles, den Allerhöchsten Bestimmungen in der Königlichen Kabinettsordre vom 4. Dezember 1822 gemäß, von der Habilitation überhaupt nicht die Rede sein könne“. Darüber konnte die Behörde beruhigt werden, da *Georg Mendelssohn* zur evangelischen Konfession übergetreten war. Obwohl die Beurteilung seiner Dissertation seitens der Fakultät wenig günstig war, wurde er doch zur Probevorlesung: „*de vallum ortu et forma, in montibus maxime Rheni schistosis*“, in deutscher Sprache gehalten, zugelassen. Dieser, leider nicht gedruckte Vortrag erwarb den Beifall der Fakultät. Im Protokoll heißt es: „Er entwickelte auf eine höchst ansprechende Weise die zwischen den Thälern bestehenden Unterschiede, schilderte sehr scharf die Eigentümlichkeit der Schweitz-

Thäler in einer Art, welche den vollkommenen Beweis lieferte, daß eigene Beobachtungen zu Grunde lagen. Die Theorie, welche Herr Dr. *Mendelssohn* aufstellte, entsprach im Allgemeinen der jetzt angenommenen und namentlich der v. Buchsches.“ Auch hieraus ergibt sich die damalige geologisch-morphologische Richtung *Mendelssohns*, seine Beobachtungsgabe und Darstellungskunst; ferner, daß er nunmehr auch auf die Frage der *Entstehung* näher eingeht. Daneben zeigt das Thema seiner öffentlichen Antrittsvorlesung: „*De Geographia ad scientiam naturae et historiam relata*“, daß er sich doch auch der Mittelstellung der Geographie zwischen Naturwissenschaft und Geschichte bewußt war; über den Inhalt des Vortrags ist nichts bekannt.

In den nun folgenden sieben Jahren seiner Privatdozentur reifte sein Meisterwerk, das ihm einen Platz unter den Klassikern der Geographie anweist, sein Buch: „*Das germanische Europa. Zur geschichtlichen Erdkunde*.“ (Berlin 1836, 501 S.) Wie schon aus dem Titel ersichtlich, hat sich nunmehr *Mendelssohn* vom physischen zum geschichtlichen Geographen umgewandelt. Auch ohne den im Vorwort enthaltenen Hinweis erkennt der Leser sofort, daß er dem Vorbilde der Werke *Karl Ritters* gefolgt ist. Ob er dem großen Geographen persönlich nahe getreten, ist mir nicht bekannt. Wie *Ritter*, betrachtet nun auch *Mendelssohn* die Natur der Länder als Grundlage für deren geschichtliche Entwicklung, ohne jedoch in die teleologische Richtung *Ritters* zu verfallen; dazu bleibt *Mendelssohn* zu sehr Naturforscher. Aber er betrachtet doch, wenn er auch gelegentlich geologische Notizen einstreut und die Entstehung der natürlichen Erscheinungen streift, im allgemeinen, wie *Ritter*, die Natur der Länder als etwas Gegebenes; sie zu erklären ist ihm nicht Sache der Geographie, sondern nur sie zu schildern und ihre Folgen für die Menschheit klarzulegen. In kurzen, markigen Zügen, in geradezu klassischer Sprache wird ein eindrucksvolles Bild von Lage, Bodengestalt, Klima der einzelnen germanischen Länder, aber auch, als Grenzgebiete, von Frankreich, Ungarn, Rußland entrollt, und daran werden die Hauptzüge ihrer Geschichte, mit Beziehung auf die Landesnatur, angeschlossen. Mit Recht aber bezeichnet *Kämmerling* als Hauptvorzug der *Mendelssohnschen* Arbeit — wir können hinzufügen, auch vor *Ritter* — „die unübertroffene Schönheit der kurzen, in sich abgerundeten Naturschilderungen“. *Humboldts* Einfluß und die eigene Anschauung vieler Länder sind darin unverkennbar. Auch heute liest man das Werk noch mit Nutzen und Genuß und bemerkt dabei, daß viele der neueren Länderkunde geläufige Gedanken schon bei *Mendelssohn* ausgesprochen sind.

„Das herrliche Buch zeigt *Mendelssohn* auf der Höhe seiner Leistungskraft. Es war die Zeit, die auch schon sonst sein Leben am inhaltreichsten und glücklichsten ausgestaltete. Damals ver-

mählte er sich mit Rosa Richter, einer schönen, lebensfrischen Frau, die ihm bis zu seinem Tode eine treue Gefährtin blieb. Bald fand er in der rheinischen Universitätsstadt auch einen anregenden Freundeskreis unter den dortigen Gelehrten, dem außer *Klemens Perthes*, dem protestantischen Theologen *K. J. Nitzsch* (1882—1847 Professor und Universitätsprediger in Bonn), dem Geschichtsschreiber der griechischen Philosophie *Chr. Aug. Brandis* (1821—1867 in Bonn), dem Juristen *M. A. von Bethmann-Hollweg* (1829 bis 1842 Professor in Bonn, dann bis 1848 Kurator der Universität) in den ersten Jahren bis zu seinem bald darauf erfolgten Tode (1831) noch besonders *Niebuhr* angehörte. Zu dem alten *E. M. Arndt* sah er mit aufrichtiger Verehrung auf. Mit allen diesen verkehrte *Mendelssohn* in vertrauter Weise und schöpfte aus dem Umgange mit ihnen ständig neue geistige Anregung. Die Nähe seines Gutes gestattete ihm, auch während seines Aufenthaltes daselbst den ihm lieb gewordenen Verkehr weiter zu pflegen. Er hielt in Horchheim ein gastfreies Haus und sah oft Verwandte und Freunde bei sich. Seine Eltern verbrachten alljährlich einige Zeit auf dem schön gelegenen Besitztum ihres Sohnes, und sein Vetter *Felix* vollendete dort seinen „*Paulus*“. Auch befreundete Gelehrte sprachen vielfach in Horchheim vor. Nur *A. v. Humboldt* und der Dichter *Wilhelm Müller* seien erwähnt“ (*Kämmerling*).

Leider ist „Das germanische Europa“, das uns von dem hohen geographischen Können des Verfassers einen eindringlichen Beweis gibt und von der zeitgenössischen Kritik sehr anerkannt wurde, außer seiner Dissertation die *einzigste geographische Veröffentlichung Georg Mendelssohns* geblieben! Augenscheinlich verlor er mehr und mehr das Interesse an unserer Wissenschaft und wandte sich anderen Beschäftigungen zu. Er erwarb sich ein großes Verdienst durch die Herausgabe der gesammelten Schriften *Moses Mendelssohns* (7 Bände, Leipzig 1843—1845). Besonders aber nahmen ihn *politische* Interessen in Anspruch; auch die Gegenstände seiner Vorlesungen gehen immer mehr in dieser Richtung. Seine Schrift „Die ständische Institution im monarchischen Staate“ (Bonn, Ad. Marcus, 1846) betont zwar die Notwendigkeit ständischer Vertretung, aber doch in sehr monarchisch-konservativer Form und Begrenzung; sie befürwortet eine Verfassung von dem Geiste, wie sie tatsächlich in Preußen eingeführt wurde. In der Reaktionszeit war *Mendelssohn* eifriger Mitarbeiter des „Preußischen Wochenblattes“. Im übrigen ruhte von nun an seine Feder vollständig.

Mendelssohn war 1835 zum außerordentlichen Professor ernannt worden, ohne daß das Ministerium das Gutachten der Fakultät abgewartet hatte. Auf Antrag des damaligen Kurators der Universität, *v. Bethmann-Hollweg*, wurde er im Juli 1847 zum *ordentlichen Professor für Geographie und Statistik* ernannt, wiederum über den

Kopf der Fakultät hinweg. Bonn erhielt also schon damals, was wenig bekannt ist, ein *Ordinariat für Geographie*, freilich nur ein persönliches. Gehalt hat *Mendelssohn*, der sich eines großen Vermögens erfreute, weder bezogen noch beansprucht.

Die Zahl der großen und kleinen Vorlesungen, die *Mendelssohn* von 1829 bis zum Sommer 1857 in den gedruckten Vorlesungsverzeichnissen angezeigt hat, ist außerordentlich. Sie betreffen „allgemeine Geographie“ und „allgemeine Statistik“, vor allem aber Länder-, Völker- und Staatenkunde von Europa und einzelner Teile desselben, besonders Deutschlands und Preußens; auch das türkische Reich, Palästina, Asien, Nordamerika, einmal auch „alte Länder- und Völkerkunde“. Aber auch bei *Mendelssohn*, wie bei *Strahl*, werden wir sehr enttäuscht, wenn wir die Tabellen der wirklich gehaltenen Vorlesungen durchsehen. Nur folgende sind zustande gekommen:

Sommer 1829: Erdkunde von Europa, 4 St., 14 Hörer;

Winter 1830: Allgemeine Erdkunde, 3 St., 13 Hörer;

Winter 1831, 1832: Palästina, 1 St.,

Winter 1836, 1839: Deutschland, 2 St., 7 bzw. 12 Hörer;

Winter 1840, 1843, 1844, 1846: Das europäische Staatensystem, 2 St., 11—32 Hörer;

Sommer 1841: Das britische Reich, 2 St., 5 Hörer;

Winter 1843, 1844: Geographie und Statistik des preußischen Staates, 15 bzw. 3 Hörer;

Winter 1850: Über die sozialen und politischen Zustände der wichtigsten europäischen Staaten, 3 St., 4 Hörer.

In den übrigen Semestern kamen die Kollegia entweder nicht zustande, oder der Professor war, von 1832 an immer häufiger, trotz der Ankündigung im Vorlesungsverzeichnis, von Bonn abwesend, teils mit Urlaub, teils ohne solchen. Man kann also nicht sagen, daß *Mendelssohn* sein Lehramt mit besonderer Liebe geführt habe. Von irgendeinem Schüler *Mendelssohns* ist denn auch nichts bekannt. Dabei geht aus den Akten seiner Ernennung zum Ordinarius hervor, daß sein Vortrag zwar durch ein „nicht glückliches Organ“ beeinträchtigt wurde, die Studierenden aber durch „gründliches Wissen und geistvolle Behandlung“ befriedigte.

Diese geringe Betätigung als Lehrer veranlaßte die Fakultät zu einem energischen Protest gegen die Ernennung *Mendelssohns* zum Ordinarius im Jahre 1847; der Protest richtete sich einstimmig gegen die Übergehung der Fakultät, deren Gutachten nicht eingeholt worden war, und mit großer Mehrheit gegen die Beförderung *Mendelssohns* im besonderen. Nur sein Freund *Brandis* trat für ihn ein und gab auch ein Separatvotum an die Regierung ab, worin er *Mendels-*

sohns Vorlesungen als anregend und nützlich lobte und darauf hinwies, daß, da seine Tätigkeit unentgeltlich sei, die Beförderung die einzige Form des Dankes darstelle. Der Protest wurde von der Regierung als „in jeder Hinsicht unstatthaft“ zurückgewiesen.

Man kann vermuten, daß dieses Auftreten der Fakultät zu der völligen Einstellung der Lehr-tätigkeit *Mendelssohns* beigetragen hat, wozu ihn schon seine allmähliche Abwendung von der Geographie geneigt machen mußte. Schon während der den Protest betreffenden Verhandlungen der Fakultät richtete *Mendelssohn* an den Kurator ein Schreiben, worin er beantragte, von den Pflichten als Mitglied der Fakultät entbunden zu werden, „da voraussichtlich Familienverhältnisse und Pflichten unabweisbarer Art mich nicht selten in den Fall setzen werden, zu längerer Abwesenheit Urlaub nachzusuchen“. Durch Ministerialerlaß vom 3. November 1847 wurde daraufhin *Mendelssohn* von der Teilnahme an den Verhandlungen der Fakultät und vom Dekanat entbunden. Als Ordinarius hat *Mendelssohn* überhaupt nur noch einmal gelesen, außer einem Privatissimum für den Kronprinzen Friedrich Wilhelm. „Für das ganze Studienjahr 1854/55 nahm er Urlaub zur Kräftigung seiner Gesundheit. Den Sommer über hielt er sich in der Schweiz, in Leuker Bad und Vevey auf, den Winter verlebte er in Nizza und genoß daselbst den anregenden Verkehr mit einer Anzahl geistvoller Persönlichkeiten der dortigen Fremdenkolonie“ (*Kämmerling*). Mit dem Sommer 1857 aber nahm er Urlaub auf unbestimmte Zeit aus Gesundheitsrücksichten. Seitdem erscheint er im Vorlesungsverzeichnis der Bonner Universität nur noch als beurlaubt. Wir benutzen daher dieses Jahr zur Abgrenzung der ersten Periode unserer Darstellung.

„*Mendelssohn* zog sich nun ganz auf sein geliebtes Horchheim zurück und lebte hier mit seiner Gattin in feinsinniger Muße dem Verkehr mit edlen Freunden. In ihm entfaltete sich die ganze Tiefe und liebenswerte Natur seines Wesens. *Mendelssohn* war nicht nur als Gelehrter, sondern auch rein menschlich betrachtet eine bedeutende Persönlichkeit. Seine liebevolle Güte, seine edle Herzensreinheit und sein nie versiegender Humor gewannen ihm die Herzen und das Vertrauen aller derer, zu denen er in nähere Berührung trat. Daneben waren ernste Milde, zielbewußte Männlichkeit sowie Frömmigkeit und Bescheidenheit die hervorstechendsten Charaktereigenschaften, die der hochbegabte Gelehrte bis in das späte Alter hinein sich zu erhalten gewußt hat. *Mendelssohn* durfte sich noch eines langen, heiteren Lebensabends erfreuen. Der Krieg 1870/71 ließ ihn noch die vor Jahren ersehnte und erstrebte Einigung Deutschlands miterleben. Er erreichte das hohe Alter von fast 80 Jahren und starb nach nur eintägigem Krankenlager am 24. August 1874 in Horchheim (*Kämmerling*).

Es ist noch von Interesse, daß in den Vorlesungsverzeichnissen die Strahlschen Kollegia unter „Geschichte und Hilfswissenschaften“, die *Mendelssohnschen* dagegen zunächst unter „Naturwissenschaften“ stehen; erst seit 1830 werden auch diese teilweise und bald darauf ganz unter „Geschichte“ aufgeführt. Es entspricht das dem Übergang *Mendelssohns* von der naturwissenschaftlichen zur historischen Richtung in der Geographie. Von 1850 an finden sich seine Vorlesungen unter „Staats- und Kameralwissenschaften“, um später wieder zum Teil zur Geschichte versetzt zu werden. Dagegen bleibt unter „Staatswissenschaften“ die Vorlesung „Politik“, die nun *Mendelssohn* häufig anzeigt, ohne sie zu halten.

Neben den beiden Hauptvertretern, *Strahl* und *Mendelssohn*, sind in der ersten Periode noch andere Vorlesungen über Geographie oder Teilwissenschaften derselben zu erwähnen. Im Jahre 1851 habilitierte sich ein junger, hoffnungsvoller Gelehrter, *Philipp Wessel*, für *physikalische Geographie*. Seine Dissertation war eine geologische Arbeit über das Gebiet der Odermündungen („*Descriptio geognostica regionis oribus Viadrinis circumiectae*“, Bonnæ 1851). Seine Probevorlesung handelte, auf Grund eigener Beobachtungen, über „Die Einteilung Norddeutschlands in pflanzengeographischer Beziehung“. Er zeigte in den nächsten Jahren eine Reihe von Vorlesungen über Klimalehre, Physische Geographie von Europa, ebenso der Mittelmeerländer, Pflanzen- und Tiergeographie an, war aber dauernd durch Krankheit verhindert und starb 1855.

Einmal, im Sommer 1824, zeigte der bekannte Geologe *Goldfuß* eine „Physikalische Länder- und Völkerkunde von Amerika und Afrika“ (4-stündig) an, die aber nicht zustande kam. Dagegen wurde Sommer 1832 von Privatdozent *Aug. Scholz* eine 2-stündige Vorlesung über „Geographie des südwestlichen Asiens“ gehalten. Sie leitete uns hinüber zu den mehrfachen Kollegien über „Alte Geographie“, die von A. G. v. *Schlegel* (vergeblich), *Niebuhr* (87 Hörer!), *Lassen*, *Ulrichs* angezeigt wurden, zuletzt 1846. Die Blüte, die gerade die Altertumswissenschaft in Bonn erlebte, macht die Pflege der antiken Geographie begreiflich. Aber auch von Mathematikern und Naturwissenschaftlern wurden Teilwissenschaften der Geographie lebhaft betrieben. Vor allem finden wir von Anfang an die *Meteorologie*, meist 1- oder 2-stündig, im Lektionsplan, bis 1858 nicht weniger als 28-mal! Zwar blieben die ersten Versuche von *Kastner*, *Bischof*, *Nöggerath* erfolglos, dagegen hat von Winter 1826 an durch die ganze Periode der Mathematiker *F. C. von Riese* (seit 1829 außerordentlicher Professor), meist mit Erfolg, *Meteorologie* gelesen. Seit 1841 widmete sich demselben Gegenstande auch der Mathematiker *Radicke* (außerordentlicher Professor seit 1848), gleich zuerst mit 18 Hörern, fast stets mit Erfolg, während dieser

dem Physiker Privatdozent von *Feilitzsch* (1846 bis 1847) nicht beschieden war. Der genannte von *Riese* kündigte auch seit 1826 19-mal „*Physische Geographie*“ oder „*Mathematische und physikalische Geographie*“, meist 3–4-stündig, an, meist mit Erfolg; während es der Physiker *Plücker* bei einem vergeblichen Versuch bewenden ließ. Man sieht, daß bei der Studentenschaft genügend Interesse für Geographie vorhanden war, wenn man es nur zu pflegen wußte! Der berühmte Astronom *Argelander* zeigte von Winter 1837–38 bis Sommer 1850 wiederholt „*Geographische Ortsbestimmung*“ (4-stündig) an, nur zum Teil mit Erfolg, ebenso dreimal „*Mathematische Geographie*“ (2-stündig). Auch wurde mehrfach von Privatdozenten der Botanik, u. a. von *Brandis* 1850–53, *Pflanzengeographie* (2-stündig) gelesen.

Gegenüber dieser ersten ist die zweite Periode, von 1857–1877, durch einen fast völligen Ausfall der Geographie an unserer Universität gekennzeichnet. Die Anregungen, die einerseits von *A. v. Humboldt*, andererseits von *K. Ritter* gesondert ausgegangen, waren verklungen. Dagegen bereitete sich in den sechziger Jahren die Entwicklung der neuen Geographie vor, die dann in den siebziger Jahren voll einsetzte: der auf naturwissenschaftlicher Grundlage aufgebauten Geographie, welche die Gesamtheit der geographischen Erscheinungen, sowohl der natürlichen wie der menschlichen, durch ein zusammenhängendes Band von Ursache und Wirkung zu verknüpfen sucht: die *Entwicklung der Geographie als einer einheitlichen, erklärenden Wissenschaft*. Es war ein Zufall, daß diese neue Entwicklung in dem in Rede stehenden Zeitraum gerade in Bonn noch keine Stätte fand. Ein Dozent für Geographie war nicht vorhanden. Der neue Aufschwung unserer Wissenschaft und die Erweiterung des Gesichtskreises durch die Gründung des Deutschen Reiches führten aber dazu, daß in den siebziger Jahren, besonders auf Betreiben des hochverdienten damaligen Dezernenten für das Hochschulwesen *Göppert*, an den preußischen Universitäten *etatmäßige Ordinariate für Geographie gegründet wurden*. Auch Bonn erhielt 1875 ein solches, aber es blieb zunächst unbesetzt.

Wie gering das Interesse für Geographie in dieser Periode an unserer Universität war, erhellt auch daraus, daß selbst die *antike Geographie* seit 1846 nur ein einziges Mal im Vorlesungsverzeichnis erscheint: der junge Privatdozent *Heinrich Nissen* las im Winter 1867 „*Historische Geographie des alten Italien*“! Der Privatdozent der Geologie von *Lasaulx* kündigte einmal (Winter 1871) „*Physikalische Geographie als Einleitung in die Geologie*“ (1-stündig) an. *Argelander* zeigt Sommer 1861 und 1863 seine „*Geographische Ortsbestimmung*“ an, dann verschwindet auch dieser Lehrgegenstand. Dagegen liest der unermüdliche von *Riese* bis zu seinem 1868 erfolgten Tode wiederholt „*Physik der Erde*“, und der

nicht minder unermüdliche *Radicke* kündigt fast jeden Winter bis zu seinem am 18. April 1883 erfolgten Tode seine „*Meteorologie*“ an, teils mit, teils ohne Erfolg. 1866–69 behandelt auch *Wüllner* diesen Gegenstand. Die *Pflanzengeographie*, die zuletzt 1860 vergeblich angezeigt war, wird erst wieder seit 1872 von den Privatdozenten *Pfitzer*, *Reimke* und *Pfeffer* (1-stündig) je einmal aufgenommen.

Die dritte Periode der Geschichte der Geographie an unserer Universität beginnt mit dem Jahre 1877 und reicht bis zur Gegenwart; es ist die Zeit, in der die junge Geographie, wie wir sie heute verstehen, in Bonn eine Stätte fand. Im Januar 1877 erhielt *Ferdinand von Richthofen* das Ordinariat in Bonn, blieb aber noch 2½ Jahre beurlaubt, um sein großes „*China*“ zu fördern. Dafür habilitierte sich hier, als erster moderner Geograph, am 13. Dezember 1876 *Theobald Fischer* (geb. 1846), der bedeutende Länderkundler und Erforscher des Mittelmeergebietes. *Fischer* hatte Geschichte studiert und in diesem Fach 1868 in Bonn promoviert. Umfangreiche Reisen, die er, zunächst zur Kräftigung seiner leidenden Gesundheit, durch fast alle Länder des Mittelmeeres ausführte, und besonders ein längerer Aufenthalt in Italien haben auch ihn der Geographie zugeführt, und er hat sich in ausgezeichnete Weise die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Faches zu eigen gemacht. Gerade die Verbindung von Naturwissen und Anschauung mit geschichtlicher Methode und historischem Blick bildet die Eigenart *Fischers*. Als bester Kenner des Mittelmeergebietes trat er schon durch seine erste geographische Publikation, seine Habilitationsschrift „*Beiträge zur physischen Geographie der Mittelmeerländer, besonders Siziliens*“ (Leipzig 1877) hervor, welcher, noch in seiner Bonner Zeit, eine Arbeit über Küstenveränderungen am Mittelmeer und sein grundlegendes Werk „*Studien über das Klima der Mittelmeerländer*“ (Gotha 1879) folgten, in welchem letzterem er zum ersten Mal das Mittelmeergebiet als eine natürliche Einheit charakterisierte. Seine weiteren Arbeiten und seine bedeutende Wirksamkeit als akademischer Lehrer fallen in seine Kieler und besonders in seine Marburger Zeit (letztere von 1883 bis zu seinem Tode am 18. September 1910).

Die Probevorlesung *Fischers* handelte „über klimatische Anomalien, ihre Ursachen und Wirkungen“, seine Antrittsvorlesung war betitelt „*De Geographia qualis nostro tempore sit et quae cognatione cum disciplinis finitimis maxime historia iungatur*“. Schade, daß sie ebensowenig erhalten ist wie die, welche über fast dasselbe Thema 50 Jahre vorher *Mendelssohn* gehalten hat; es würden sich interessante Vergleiche daraus ergeben! Seine Vorlesungen begann er im Sommer 1877: „*Spezielle Geographie der Mittelmeerländer*“ (3-stündig) mit 16, „*Die Erforschungsgeschichte Afrikas*“ (1-stündig) mit

44 Zuhörern, gewiß ein guter Besuch! In den folgenden Semestern las er: „Amerika und Australien“ (6 Hörer), „Morphologie und Meteorologie“ (8 Hörer), dann wieder Mittelmeerländer (8), Afrika und Australien (16); einstündig: Geschichte der Entdeckung und Erforschung Amerikas (21), der Polarländer (15), Afrikas (42). Im Sommer 1879 veranstaltete er auch eine „Geographische Gesellschaft“ mit 8 Teilnehmern — der erste Vorläufer des späteren geographischen Seminars!

Während *Fischer* im Herbst 1879 das neue Ordinariat in Kiel übernahm, eröffnete nunmehr *Ferdinand von Richthofen* (geboren 5. Mai 1833) hier in Bonn seine akademische Lehrtätigkeit. Aber schon Ostern 1883 folgte er einem Ruf nach Leipzig; 1886 übernahm er die Professur in Berlin, wo er am 6. Oktober 1905 starb.

In *F. von Richthofen* verehrt die heutige Geographie ihren hauptsächlichsten Begründer. Aber auch er hat sich nicht von Anfang an der Geographie gewidmet, sondern hat als Geologe seine Erstlingsarbeiten in den Ostalpen und in Ungarn ausgeführt. Auch ihn haben erst große Reisen zum Geographen gemacht, indem sie ihm die Augen öffneten über den ursächlichen Zusammenhang aller geographischen Erscheinungen; Reisen, die ihn von 1860 bis 1872 durch Vorder- und Hinterindien, die malayischen Inseln, Japan, den Westen der Vereinigten Staaten und ganz besonders durch China führten, das er als erster in allen Teilen durchforschte. Als berühmter Forschungsreisender kehrte er 1872 nach Berlin zurück und widmete sich der Ausarbeitung seines großen Werkes „China, Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien“. Der erste, allgemeine Band erschien 1877, den zweiten vollendete er in seiner Bonner Zeit. (Der dritte ist erst nach seinem Tode von *Tiessen* 1912 herausgegeben.) Schon der erste Band erregte allgemeines Aufsehen und Bewunderung. Das Ganze ist ein monumentales Werk¹⁾, durch das *Richthofen* der Schöpfer der modernen *Morphologie* und der modernen *Länderkunde* geworden ist. Er verknüpft die innere Struktur und die daraus und aus den äußeren Kräften genetisch abgeleiteten Oberflächenformen mit Klima, Vegetation und vor allem mit dem *Menschen*, seiner Geschichte, Siedelung und Wirtschaft zu einem auf Ursache und Wirkung beruhenden Gesamtbilde des großen Landes und aller seiner einzelnen Teile. Überaus reich sind die Anregungen, die in diesem Werke für die genetische Morphologie (die Lehre von den Oberflächenformen der Erde) gegeben sind, die er später in seinem für diesen Zweig der Erdkunde grundlegenden Buche „Führer für Forschungsreisende“ (1886) zusammengefaßt hat. Aber nichts ist verkehrter, als wenn man *Richthofen* vorwirft, er habe die Geographie zu einer bloßen

Naturwissenschaft, ja zu einem Anhängsel der Geologie gemacht, ein Vorwurf, den *Richthofen* und seine Schüler oft genug zu hören bekommen haben. Dieser Vorwurf konnte nur von solchen erhoben werden, die weder sein „China“ gelesen, noch seine Vorlesungen gehört hatten, sich aber vor der ihnen selbst fehlenden naturwissenschaftlichen Grundlage, auf die *Richthofen* allerdings die Geographie mitsamt dem Menschen gestellt hat, fürchteten! In der Tat hat keiner für die Erklärung menschlicher Erscheinungen aus der Natur des Landes, und zwar durch exakte Beobachtung des Zusammenhanges, mehr getan als gerade *Richthofen*! Ebenso hat er in seinen länderkundlichen Vorlesungen gerade das menschliche Element immer eingehend behandelt.

Seine akademische Tätigkeit begann er als 46-jähriger; die 3½ Jahre in Bonn waren seine „Lehrjahre“ als Professor. Die Technik seiner Sprechweise war keineswegs vollkommen; jede Art rhetorischen Schmucks oder Effekthascherei waren ihm fremd. Aber der tadellose Aufbau seiner Vorträge, die Klarheit, mit der er jedes Land plastisch darzustellen verstand, auch solche Länder, die er nicht selbst gesehen — auf Grund seiner reichen Erfahrungen besaß er die Gabe geographischer Intuition im höchsten Maße —, die Großzügigkeit, mit der er stets die ursächlichen Zusammenhänge erfaßte und analysierte, die charakteristischen Kartenskizzen, die er während des Vortrags an die Tafel zeichnete, das alles fesselte jeden ernstesten Hörer mit magischer Gewalt. Ich spreche hier aus eigener Erfahrung, da ich das Glück hatte, mich von meinem ersten Semester an (1882) zu den Schülern *Richthofens* rechnen zu dürfen. So sammelte er schon in Bonn eine zwar nicht zahlreiche, aber begeisterte Schar um sich, aus der ich *Alfred Hettner*, *Fritz Frech*, *Adolf Schenck*, *Carl Schneider* nenne, welch letzterer 1883 mit „Studien über Talbildung aus der Vordereifel“, der ersten geographischen Dissertation in Bonn, promovierte.

Richthofen eröffnete im Winter 1879/80 seine Tätigkeit mit einer 3-stündigen Vorlesung: „Einführung in die Allgemeine Erdkunde“ (19 Hörer) sowie einer 1-stündigen: „Geschichte der zentralasiatischen Handelsstraßen“ (36). Es folgte dann: Südwest-Asien (12), Östliche Mittelmeerländer (9), Gebirgskunde (8), westliche Mittelmeerländer (14), Physikalische Geographie von Europa (18), spezielle Geographie von Europa (24), Amerika (20) sowie einstündig: Geschichte der arktischen Forschungen (35).

Seit dem Sommer 1880 hielt er ein zweistündiges „geographisches Colloquium“ ab, das von 8 bis 22 Teilnehmern besucht war, eine Art Seminar, mit Vorträgen der Mitglieder über mannigfaltig wechselnde Gegenstände. Hier trat er zu seinen Schülern in nähere Beziehung; die Auserlesenen zog er auch gastfreundlich in sein Haus, wo seine liebenswürdige Gattin (seine Kusine) jedem freundliche Teilnahme und Interesse, er

¹⁾ Vergl. meine Besprechung des III. Bandes im „Neuen Jahrbuch für Mineralogie“ 1913, II, S. 122 ff.

selbst Lehre und Anregung in zwanglosem Gespräch spendete. *Richthofens* Persönlichkeit, seine hohe Gestalt, sein echt aristokratisch würdevolles, aber dabei ebenso gerechtes wie wohlwollendes und hilfsberechtigtes Wesen bezauberte jeden, der in seinen Kreis eintrat und hielt ihn an den als Gelehrten und als Menschen verehrten Lehrer gefesselt. Das *Richthofensche* Colloquium hat später in Leipzig und Berlin geradezu Berühmtheit erlangt, und seine Mitglieder sind zum großen Teil auch heute noch freundschaftlich miteinander verbunden.

Nur ein Mangel in der Lehrtätigkeit *Richthofens* muß hervorgehoben werden: daß er keine Exkursionen veranstaltete, überhaupt die Ausbildung in den praktischen Zweigen der Geographie vernachlässigte, bis er in Berlin einen Stab jüngerer Hilfskräfte damit betrauen konnte. Auch er selbst ist nach seiner Rückkehr von seinen großen Forschungsreisen nicht mehr viel gereist, außer zu Erholungszwecken; die Überfülle von Reiseeindrücken mag bei ihm eine Reisemüdigkeit verursacht haben. So hat er auch die Umgebung von Bonn kaum kennen gelernt und keine Fühlung mit dem Lande und seinen Bewohnern gewonnen.

Das Colloquium tagte in den engen Räumen des *Geographischen Apparates*, die im 1. Stock des ehemaligen Konviktsgebäudes auf der Seite des Altenzollgartens gelegen waren. Schon *Theob. Fischer* hatte einige Wandkarten angeschafft; mit bescheidenen Mitteln hat *Richthofen* den Grund zur heutigen Karten- und Büchersammlung des *Geographischen Seminars*, besonders durch Ankauf von Wandkarten und durch den Bezug der *Geographischen Zeitschriften*, gelegt — im ganzen nur 86 Inventar-Nummern!

Nach *Richthofens* Fortgang blieb die geographische Professur im Sommersemester 1883 verwaist. Dann übernahm sie *Johann Justus Rein*, der sie über ein Vierteljahrhundert, bis zum Herbst 1910, innehatte¹⁾.

Als man in den siebziger Jahren die Ordinate für Geographie in Preußen und bald darauf in den anderen deutschen Staaten gründete, standen für ihre Besetzung begreiflicherweise keine Berufsgeographen zur Verfügung; man wählte dazu teils Schulmänner, die sich mit der Geographie beschäftigt hatten, teils Vertreter von Nachbarwissenschaften, die sich, wie *Richthofen*, durch wissenschaftliche Reisen geographische Anschauung und Verständnis erworben hatten. Beide Eigenschaften vereinigte *Rein* in sich. Geboren am 27. Januar 1835 in Rauenheim (Großherzogtum Hessen), entstammte er einer landwirtschaftlichen Familie. Er studierte in Gießen Naturwissenschaften; vor allem interessierte er sich zeitlebens für systematische Botanik und für Technologie, überhaupt für alle Zweige mensch-

licher gewerblicher Tätigkeit. 1858—1860 als Oberlehrer in Reval, fesselten ihn die nordische Natur und die abweichenden sozialen und wirtschaftlichen Verhältnisse; er bereiste Estland und Finland und veröffentlichte nicht nur einige Beiträge zur Naturkunde dieser Länder, sondern später auch eine treffliche Gesamtdarstellung Finlands (in *Kirchhoffs* Länderkunde von Europa). Nachdem er England bereist, brachte er 4 Jahre als Hauslehrer auf den Bermudasinseln zu; als Frucht dieser Jahre erschien eine Arbeit über die dortigen Korallenriffe. Seit 1864 war er als Oberlehrer der Naturwissenschaften in Frankfurt tätig. Er unternahm umfangreiche Studienreisen in Marokko und Spanien; letzteres Land hat er auch später wieder besucht und über dasselbe mehrere Arbeiten (besonders über die Sierra Nevada 1899) veröffentlicht. Daran schlossen sich auch Studien über den Seidenbau. Aber entscheidend für seinen wissenschaftlichen Ruf wurde eine Reise nach Japan (1873—75), wo er im Auftrag der preußischen Regierung die eigenartigen Industrien untersuchte. Sein Werk über Japan (2 Bände, 1881 und 1886, 2. Auflage des 1. Bandes 1905) ist grundlegend für die Kenntnis dieses Landes und seiner Bevölkerung. Auch mehrere kleinere Arbeiten *Reins* behandeln japanische Themata. Seine persönlichen Beziehungen zu Japan sind noch lange sehr enge gewesen; mehrfach nahm er junge vornehme Japaner in sein Haus auf; auch junge japanische Geographen kamen nach Bonn, um bei ihm zu studieren. Noch in höherem Alter unternahm *Rein* Reisen nach Amerika und Rußland, auch (1897) mit der Bahn nach Turkestan.

Ein Jahr nach seiner Rückkehr von Japan erhielt er (1876) den neugegründeten Lehrstuhl für Geographie in Marburg und, wie gesagt, Herbst 1883 den in Bonn. Nach der Gründung der Kölner Handelshochschule übernahm der Unermüdliche auch dort das Lehramt für Warenkunde und Handelsgeographie und die Einrichtung einer Produktsammlung.

Reins akademische Tätigkeit war eine sehr erfolgreiche. Staunenswerte Fülle der Einzelkenntnisse in allen Zweigen der Natur- und Wirtschaftskunde und seine eigenen persönlichen Erfahrungen in fast allen Weltteilen verbanden sich bei ihm mit Klarheit und einfacher Sachlichkeit des Vortrags. Allen Theorien und Hypothesen war er — vielleicht mehr als gut war — abhold. Sein Sinn war immer vor allem auf das Tatsächliche gerichtet. Besonders pflegte er die Wirtschaftsgeographie, während er zu der neueren morphologischen Richtung in der Geographie wenig Beziehungen hatte. In seinem Seminar beschäftigte er sich eingehend mit jedem seiner Schüler und war ihnen ein treuer Freund und Berater, sobald er in ihnen fleißiges Streben erkannte. Ernstes Pflichtgefühl, echte, dabei duldsame Frömmigkeit, Wahrheit und Gerechtigkeit,

¹⁾ Vergl. *Kerps* Nachruf in der „Geographischen Zeitschrift“ 1918 sowie den von mir verfaßten in der „Chronik der Universität Bonn“ für 1917/18.

das waren die Grundeigenschaften seines Charakters; er war ein echter Mann von gutem altem Schrot und Korn! Eine große Schar von Lehrern der Geographie hat er ausgebildet, die ihm in anhänglicher Dankbarkeit ergeben blieben. Ein Beweis für die Verehrung und Freundschaft, die er genoß, lieferte die „Festschrift zur Feier des 70. Geburtstages von J. J. Rein“, Bonn 1905, sowie die Rein-Stiftung, die bei dieser Gelegenheit aus Beiträgen seiner Schüler und Freunde gesammelt wurde und ein erhebliches Kapital ergab, dessen Zinsen zur Unterstützung von Studienreisen junger in Bonn ausgebildeter Geographen bestimmt sind. Auch eine große Anzahl von Doktordissertationen ist von Rein angeregt worden. Ihre Themata sind meist der Entdeckungsgeschichte oder der Wirtschaftsgeographie entnommen; besonders wurden einzelne Nutzpflanzen behandelt (Halfa, Reisbau in Italien, Korkeiche, Tee in Indien und Ceylon, Fiebertindenbaum, Kautschuk, Bananen, Flachsbaum, Weinbau).

Die Vorlesungen Reins umfaßten: Allgemeine Erdkunde (in 3 Teilen), jeden der 5 Erdteile; vereinzelt Mittelmeerländer, Deutschland, das Russische Reich, Nordeuropa, Ost- und Südeuropa; ferner 1—2-stündige Vorlesungen über Japan und seine Industrie, Englische Kolonien, Nordpolexpeditionen, Entdeckungsgeschichte Amerikas, Kulturpflanzen der Mittelmeerregion.

Die Zahl der Zuhörer betrug in den großen Vorlesungen in den ersten beiden Semestern nur 9 bzw. 5, hielt sich dann meist zwischen 10 und 25, stieg aber um die Jahrhundertwende rasch über 40, erreichte Sommer 1905 100. Auch sein Nachfolger hatte bis zum Kriege meist um 100 Zuhörer. Dieses plötzliche Anschwellen der Zahl der Geographiehörer in den letzten zwei Jahrzehnten ist eine auf allen deutschen Universitäten zu beobachtende Entwicklung; sie hängt mit der immer stärkeren Beteiligung Deutschlands an der Weltwirtschaft und vor allem mit der stärkeren Beachtung der Geographie in der Schule zusammen, wodurch die Geographie als erwünschtes Prüfungsfach im Oberlehrerexamen erschien. Entsprechend nahm die Zahl der geographischen Staatsprüfungen bedeutend zu; die Hörer der Geographie sind fast ausnahmslos Kandidaten des höheren Schulamts, und zwar solche der verschiedensten Fächer. Auch die Zahl der weiblichen Hörer ist außerordentlich im letzten Jahrzehnt gewachsen. Dagegen ist die Zahl derjenigen, welche die Geographie betreiben, um sich ganz dieser Wissenschaft zu widmen, sehr gering geblieben. Das gilt für die Gegenwart und für fast alle deutschen Universitäten, außer etwa Berlin, Wien, Leipzig, München, wo große Institute und Hilfslehrkräfte zur Verfügung stehen.

Mit dem Sommersemester 1884 begann Rein seine 2-stündigen Übungen, die er seit 1887 als geographisches Seminar bezeichnete. Unter diesem

Namen erscheinen sie nun dauernd im Vorlesungsverzeichnis und in der Chronik der Universität. Die Sammlung hieß immer noch „Geographischer Apparat“. Die Übungen fanden, wie bei *Richt-hofen*, in den Räumen des Apparates statt, bis diese zu eng wurden und sie seit 1902 in das „Geographische Auditorium“ im Erdgeschoß des Konviktlügels verlegt wurden. Auch Rein ließ meist Vorträge halten mit anschließender Kritik und Diskussion, und zwar wurde meist in einem Semester ein bestimmtes Gebiet behandelt, das sich oft an die Vorlesungen angeschlossen. Besonders häufig wurden Kartographie, Entdeckungsgeschichte und Wirtschaftsgeographie durchgenommen. Die Zahl der Teilnehmer war lange Zeit nahezu gleich der Hörerzahl der Hauptvorlesungen; erst bei deren starkem Anwachsen um 1900 blieb sie dahinter zurück, überschritt aber immerhin seit 1904 die Fünfzig.

Den „Apparat“ weiter auszugestalten war Rein eifrig bemüht, war dabei aber durch die Geringfügigkeit der Mittel stark behindert. Am Schluß seiner Amtstätigkeit umfaßte die Bibliothek 764 Nummern an Büchern und Kartenwerken, darunter vor allem die bändereichen Serien geographischer Zeitschriften, auch einige Instrumente, Abbildungen, kleine Sammlungen von Handkarten, Produkten und Gesteinen waren vorhanden. Im Jahre 1903 wurde der geographische Apparat in das Erdgeschoß des Konviktlügels neben dem „Geographischen Hörsaal“ verlegt und besaß nun auskömmliche Räume, die bisher dem katholisch-theologischen Seminar gehört hatten¹⁾.

Neben dem Ordinarius las vom Sommer 1889 bis Sommer 1899 der Geodät Rein-hertz, Professor an der Landwirtschaftlichen Akademie, fast jedes Semester abwechselnd Kartenprojektion, mathematische Erdkunde, topographische und geographische Aufnahmen, allgemeine Geodäsie und Erdmessung. Mathematische Geographie und Ortsbestimmung wurden auch von den Astronomen Deichmüller und ganz besonders häufig Mönnichmeyer, von letzterem seit Anfang der 90-er Jahre bis jetzt, gelehrt; Pflanzengeographie regelmäßig fast jedes zweite Semester von jüngeren Botanikern (*Schimper, Johow, Schenck, Karsten*). Ebenso wurde häufig auch Tiergeographie von Voigt gelesen. Einmal hat der klassische Philologe Eller Geschichte der Geographie angezeigt, während Nissen jedes 8. Semester „Länder- und Völkerkunde des Altertums“ vortrug.

Am 15. Dezember 1891 habilitierte sich für Geographie der Berichterstatter und blieb fast 13 Jahre, bis zu seiner Berufung als ordentlicher Professor nach Bern im Herbst 1904, Privatdozent an der heimatlichen Hochschule, stets mit dem

¹⁾ Vergl. über die Entwicklung des Seminars und Apparates den Aufsatz von Rich. Rung, „Das geographische Institut und Seminar der Universität Bonn“ in der Rein-Festschrift 1905, S. 9—22, sowie die Berichte in der „Chronik der Universität“.

Ordinarius in bestem Einvernehmen und von ihm nach Möglichkeit gefördert. 1899 wurde ihm der Professortitel verliehen.

Alfred Philippson (geboren 1. Januar 1864 in Bonn) widmete sich von vornherein dem Studium der Geographie, und zwar unter Leitung *Richt-hofens* in Bonn und Leipzig; von diesem wurde er auf die Geologie als unentbehrliche Grundlage der Geographie hingewiesen. Seine Lehrer in diesem Fache waren *v. Lasaulx*, *Zirker*, *Credner*; in Volkswirtschaft *Nasse* und *Roscher*. Nach einer petrographischen Erstlingsarbeit veröffentlichte er eine Abhandlung über die Theorie der Erosion und promovierte 1886 in Leipzig mit morphologischen „Studien über Wasserscheiden“. Auch fernerhin hat er der Morphologie besonderes Interesse gewidmet (Küstenformen, Morphologie des Rheinischen Schiefergebirges u. a.). Nachdem er noch in München Paläontologie studiert, begann er auf Anregung *Richt-hofens* 1887 eine geologisch-geographische Erforschung Griechenlands durch wiederholte Reisen, an die sich dann (1900 bis 1904) die Untersuchung des westlichen Kleinasien anschloß. Außerdem führten ihn Studienreisen in die meisten Länder Europas. Außer größeren und kleineren Veröffentlichungen über sein Hauptarbeitsfeld Griechenland und Kleinasien, auch über Rußland u. a. erschienen von ihm zusammenfassende Darstellungen: „Europa“ und „Das Mittelmeergebiet“.

Seine Habilitation vollzog er auf Grund seines ersten größeren Werkes: „Der Peloponnes. Versuch einer Landeskunde auf geologischer Grundlage“ (Berlin 1891/92). Seine Probevorlesung behandelte „Die wichtigsten Typen der Flachküsten“, die Antrittsvorlesung: „Das Klima Griechenlands und sein Einfluß auf Anbau und Siedelung“.

Obwohl seine Lehrtätigkeit als Privatdozent wiederholt durch seine Reisen unterbrochen wurde, hatte er in den letzten Jahren doch eine ziemlich große Zahl von Zuhörern. Seine Vorlesungen behandelten: Winter 1892/93 Einleitung in die Allgemeine Erdkunde; dann das Mittelmeergebiet (ganz und in Teilen, auch als „Alte Kulturländer“, „Südeuropa“; „Griechenland“ kam nie zustande!), Vulkane und Erdbeben, Küsten, Ost- und Nordeuropa, Westeuropa, Alpen und Karpathenländer, Rheinlande, „Ausgewählte Kapitel der Allgemeinen Erdkunde“, Mathematische Geographie, Klimatologie, Festlandskunde. Auch hat er in den letzten Jahren ein „Colloquium“ abgehalten und Exkursionen veranstaltet.

Seine zweijährige Tätigkeit in Bern gab *Philippson* Gelegenheit, sich näher mit der Morphologie der Alpen vertraut zu machen. Herbst 1906 übernahm er das Ordinariat in Halle, wo er das dortige geographische Seminar erweitern konnte und eine Anzahl Dissertationen anregte, und wurde, nachdem *Rein* wegen zunehmender Altersbeschwerden auf sein Ansuchen mit den üblichen Gnadenbezeugungen von den Amtspflich-

ten mit dem Ende des Sommersemesters 1910 entbunden worden war — er starb nach langem Leiden am 23. Januar 1918 —, als dessen Nachfolger berufen.

Unterdessen hatte sich *Otto Schlüter*, seit 1906 in Berlin Privatdozent sowie Dozent an der Handelshochschule in Berlin und dann in Köln, am 24. Juli 1909 an die Bonner Universität umhabilitiert. *Schlüter* war bereits durch sehr bedeutende siedelungsgeographische Arbeiten bekannt. Er las im Sommer 1910 über Mitteleuropa und wurde für das Wintersemester 1910 auf 1911 mit der Vertretung des Ordinarius betraut, da *Philippson* erst zum Sommer 1911 sein Bonner Amt antreten konnte. *Schlüter* las in diesem Winter „Allgemeine Klima- und Meereskunde“ und hielt Übungen ab. Er wurde dann *Philippsons* Nachfolger in Halle.

Philippson ordnete seine Vorlesungen in einem sechssemestrigen Turnus an: 3 Semester wird Allgemeine Erdkunde in drei Teilen, 3 Semester Länderkunde (Europa, Mittelmeerländer, Amerika), dazu dann und wann noch einstündige Publika gelesen. Im Sommer werden systematisch Exkursionen, auch mehrtägige, veranstaltet, bei denen die Teilnehmer besonders in Morphologie (Formenlehre der Erdoberfläche) ausgebildet werden. Auch wurden Studienreisen nach Holland (3 Tage) und die Schweiz (14 Tage) ausgeführt. Für die Exkursionen wird jährlich vom Ministerium die Summe von 500 Mark zur Unterstützung der daran teilnehmenden Studierenden gewährt. Der Mittelstellung der Geographie zwischen Geistes- und Naturwissenschaften entsprechend wurden in den Vorlesungsverzeichnissen von Winter 1913/14 an die geographischen Vorlesungen aus der Verbindung mit der Geschichte und deren Hilfswissenschaften gelöst und nun als besondere Rubrik „Geographie und Völkerkunde“ zwischen den Staatswissenschaften und der Mathematik aufgeführt. Eine kleine Druckschrift „Winke für Geographie-Studierende“, die zu Semesteranfang verteilt wird, unterrichtet die Anfänger über das Wesen der Geographie und die Art, wie sie studiert werden soll. Besonders hat sich *Philippson* die Ausgestaltung des Seminars angelegen sein lassen und hatte sich dabei weitgehender Unterstützung seitens des Ministeriums und der Universitätsbehörden zu erfreuen. Auf seinen Antrag wurde durch Verfügung des Herrn Ministers vom 27. Mai 1911 dem geographischen Apparat die Bezeichnung „Geographisches Seminar“ erteilt und damit auch amtlich ein solches anerkannt. Durch Ministerialerlaß vom 30. Januar 1913 wurde eine neue Seminarordnung eingeführt, der zufolge jedes Mitglied semesterweise 3 Mark zu zahlen hat, die dem Anschaffungsfonds des Seminars zufließen.

Die Räumlichkeiten des Seminars wurden erheblich erweitert; es besitzt jetzt im Erdgeschoß des Konviktsflügels 5 Zimmer von ausreichender Größe.

Der Anschaffungsfonds des Seminars betrug allerdings nur 500 Mark im Jahr, seit 1918 800 Mark; dagegen wurden wiederholt erhebliche außerordentliche Zuschüsse vom Ministerium bewilligt. So war es möglich, die Bestände annähernd auf die Höhe zu bringen, welche die geographischen Seminare anderer deutscher Universitäten mittlerer Größe besitzen. Manche willkommene Schenkung an Büchern und Karten trug dazu bei. Die Bibliothek vermehrte sich von 765 Nummern auf 2148 (am 1. April 1919), einschließlich einer besonders aufgestellten Broschürensammlung; die Wandkartensammlung wurde durchaus erneuert und vervollständigt. Die Gesteinssammlung ist ebenfalls durch die Exkursionen bedeutend bereichert worden: mehrere wertvolle Instrumente wurden angeschafft. Vor allem aber wurden zwei heute für den Unterricht unentbehrliche Sammlungen neu angelegt: eine solche von *Spezialkarten*, besonders aller Länder Europas, sowie Seekarten, und eine *Diapositivsammlung*. Die Spezialkartensammlung umfaßt an 6400 Blatt, die Diapositive ungefähr 1600 Stück.

Die gesamten Bestände wurden katalogisiert, eine Arbeit, die im Frühjahr 1916 ihren Abschluß fand.

Diese Ausgestaltung und Neuorganisation wäre nicht möglich gewesen ohne die wesentliche Mitarbeit eines Assistenten. Seit 1. April 1911 besteht eine, wenn auch knapp besoldete Assistentenstelle am Geographischen Seminar. Diese übernahm Dr. O. Quelle, bis er am 1. April 1914 eine Stelle in Hamburg erhielt. Dafür trat als Assistent ein spezieller Schüler Philipppsons, Dr. Hans Gehne, ein, der sich durch morphologische Arbeiten im Harz in die Wissenschaft eingeführt und die schwierigen Grenzaufnahmen in Neukamerun mitgemacht hatte. Der Heldentod auf dem Schlachtfelde machte am 2. Oktober 1914 dem Leben des hoffnungsvollen jungen Forschers ein Ende¹⁾. Seitdem ist Fräulein Margarete Kirchberger als Assistentin tätig, die 1917 mit einer morphologischen Arbeit über den Nordrand des Hohen Venn promovierte.

Der Assistent hat nicht allein die laufenden Arbeiten in den Sammlungen zu erledigen, sondern auch die Lehrtätigkeit des Ordinarius durch Abhalten von *Anfängerübungen* im „Proseminar“ zu ergänzen. Diese behandeln hauptsächlich Einführung in die Literatur, Kartenprojektion und Kartenlesen, Aufnahmen auf Reisen (Gehne). Morphologie, Siedlungsgeographie. Ihr Besuch ist sehr rege (bis 59 Teilnehmer!).

Im Hauptseminar werden meist Vorträge gehalten, an die sich Kritik und Diskussion anknüpft; die Gegenstände schließen sich zwar zum Teil an die Vorlesungen des Ordinarius an, doch werden auch in jedem Semester Themata wechselnden Inhalts vergeben. Bedingung für den

Eintritt ist ein dreisemestriges Studium der Geographie. Die Zahl der Mitglieder stieg vor dem Kriege bis auf 70, hielt sich auch in den ersten Semestern des Krieges über 20 (meist Damen), um dann wieder zu steigen. Eine Anzahl Doktorarbeiten ist bereits aus dem Seminar hervorgegangen. Der Plan einer systematischen morphologischen Untersuchung des Rheinischen Schiefergebirges ist leider durch den Krieg unterbrochen worden.

Eine sehr willkommene Ergänzung erfuhr der geographische Unterricht durch die *Habilitation für Ethnologie* des Dr. Fritz Graebner (geboren 1877 zu Berlin), Assistent am städtischen Rautenstrauch-Joest-Museum für Völkerkunde in Köln, am 13. Dezember 1911. Graebner hat sich durch eine ganze Anzahl gedankenreicher Arbeiten, besonders über die australisch-polynesischen Kulturkreise, einen angesehenen Namen erworben. Er las von Sommer 1912 an über verschiedene Gegenstände der allgemeinen Völkerkunde. Bei Ausbruch des Krieges wurde er in Australien, wohin er sich zu wissenschaftlichen Zwecken begeben hatte, als Kriegsgefangener interniert.

Ferner habilitierte sich am 23. Oktober 1912 Dr. Otto Quelle, der Assistent am geographischen Seminar, für Geographie. Quelle (geboren in Nordhausen, 23. Oktober 1879) ist Schüler von Hermann Wagner und Richthofen; er war einige Jahre Assistent am geographischen Institut in Berlin, dann in der Redaktion von *Petermanns Mitteilungen* beschäftigt und hat mehrere Forschungsreisen nach Spanien unternommen. Darauf beruhen auch seine Dissertation (Beiträge zur Kenntnis der spanischen Sierra Nevada) und seine Habilitationsschrift: „Beiträge zur Landeskunde von Ostgranada“. Sein Probavortrag behandelte die Straße von Gibraltar, seine Antrittsvorlesung „Die Ergebnisse der Erforschung des Tienschan im letzten Jahrzehnt“. Durch seine hervorragende Literaturkenntnis, seine gute Lehrbegabung und seinen großen Fleiß war er sowohl als Assistent wie als Dozent dem Ordinarius eine sehr wertvolle Hilfe. Außer den schon erwähnten Übungen im Vorseminar las er größere Vorlesungen über Deutschland und über Afrika sowie einstündig über Ostindien.

Seine Beurlaubung am 1. April 1914 zur Übernahme einer Stellung am Romanischen Seminar in Hamburg unterbrach seine hiesige Wirksamkeit. Dort war er während des Krieges im „Wirtschaftsdienst“ tätig und veröffentlichte ein Buch „Belgien“ sowie eine Reihe wertvoller wirtschaftsgeographischer Berichte.

Auch nach 1911 haben der Astronom außerordentlicher Professor Mönnichmeyer mehrfach geographische Ortsbestimmung und der Physiker Privatdozent Dr. Grebe zweimal Meteorologie gelesen. Dagegen sind Pflanzen- und Tiergeographie als besondere Vorlesungen leider ganz ausgefallen, werden aber in der „Allgemeinen Geographie“ kurz behandelt. Erst Sommer 1916 las der Ordini-

¹⁾ S. den Nachruf in der „Chronik der Universität“ für 1914. S. 77 ff.

narius für Zoologie Hesse „Geographische Verbreitung der Tiere“. —

So war allmählich der Lehrbetrieb der Geographie auch in Bonn einigermaßen zu dem Umfange und zu der Vertiefung gediehen, wie er der Bedeutung unserer Wissenschaft in der Jetztzeit entspricht. Da brach der Weltkrieg aus und unterbrach manche hoffnungsvolle Arbeit. Die Hörsäle verödeten und füllten sich erst allmählich wieder, besonders mit Damen. Aber er steigerte in Deutschland die Wertschätzung der Geographie. In weiten Kreisen unseres Vaterlandes wird eine Ausdehnung des geographischen Unterrichts in der Schule, wird eine bessere geographische Ausbildung unserer Beamten gefordert; das Auslandsstudium und die Wirtschaftsgeographie sollen mehr betont werden. Dem geographischen Hochschulunterricht werden damit neue Aufgaben zugeteilt, die er selbst schon längst gefordert hat, die er aber aus Mangel an Lehrkräften, Institutsrichtungen und wissenschaftlichen Arbeitern nicht erfüllen konnte. In Erkenntnis dieser Forderungen der Zeit gründete die Regierung an unserer Universität ein „romantisches Auslandsinstitut“, an dem die Geographie selbstverständlich beteiligt ist. Ein erheblicher einmaliger Betrag wurde dem geographischen Seminar zur Ergänzung seiner Bücher und Karten

für die romanischen Länder zugewiesen. Vor allem aber wurde eine etatsmäßige außerordentliche Professur für allgemeine Wirtschaftsgeographie sowie für Länderkunde der romanischen Länder geschaffen und dieses unserem Privatdozenten Dr. *Quelle* (siehe oben) zum 1. Oktober 1918 übertragen, der sich ja besonders mit diesen Gegenständen, vor allem den Ländern spanischer und portugiesischer Zunge, beschäftigt hatte. Ferner habilitierte sich am 12. April 1919 ein junger Forscher, Dr. *Oskar Schmieder*, der sich durch eine Forschungsreise im kastilischen Scheidegebirge in die Wissenschaft eingeführt hatte und im Begriffe steht, eine durch den Krieg unterbrochene Forschungsreise in Südamerika wieder aufzunehmen.

Dringend bleibt noch zu wünschen die Schaffung von zwei genügend besoldeten Assistentenstellen, um dem akademischen Nachwuchs eine Existenzmöglichkeit und Arbeitsgelegenheit zu geben.

So hat der Krieg bei allem Unheil, das er verursacht hat, doch der Geographie an unserer Universität neue Entwicklungsmöglichkeiten gebracht. Möchte baldige Rückkehr normaler Zustände in unserer engeren Heimat wie im ganzen Vaterlande diese Ansätze zu gedeihlicher Entfaltung bringen.

Botanik.

Von Prof. Dr. Hans Fitting, Bonn.

Unter den zahlreichen Wissenschaften, die von der niederrheinischen Universität, der preußischen Perle des Rheinlandes, während der hundert Jahre ihres Bestehens auf das nachhaltigste in Forschung und Lehre beeinflusst worden sind, nimmt die Botanik nicht die letzte Stelle ein. So werden, wenn die Zeitungen an das Bonner Jubiläum erinnern, auf der weiten Erde trotz allen Trennungsstrichen, die der Weltkrieg mit seiner Flut von Verleumdungen und anderen Gehässigkeiten gezogen haben mag, die Herzen mancher Botaniker, aber auch vieler anderer Naturwissenschaftler und gar mancher Mediziner, die von den Bonner Botanikern Anregungen fürs Leben mitgenommen haben, froher schlagen im Gedenken an gewinnbringende und zugleich genußreiche Zeiten in lernender oder forschender Arbeit. Ein Rückblick auf die Pflege der Botanik in Bonn dürfte also über die engeren Grenzen der Rheinprovinz hinaus auf Interesse und Beachtung rechnen können, zumal die Entwicklung der Pflanzenkunde an der Bonner Hochschule im Kleinen ein typisches Bild gibt von dem Werdegang dieser Wissenschaft während des verflossenen Jahrhunderts im Großen, zum mindesten in Deutschland. —

Altem Herkommen und der Bedeutung der Pflanzenkunde im Rahmen des Universitätsunter-

richtes entsprach es, daß bei der Gründung der Universität sogleich ein ordentlicher Lehrstuhl für Botanik errichtet und ein botanischer Garten nebst Herbarien angelegt wurde. Ein wundervoller und sehr günstiger Platz für den Garten bot sich in dem damals noch ganz wasserumflossenen, idyllischen Park des Poppelsdorfer Schlosses dar, das den naturwissenschaftlichen Fächern und Sammlungen, so auch den Herbarien, eingeräumt wurde.

Als Garten- und Herbariumsdirektor und als ersten botanischen Professor berief die Staatsregierung *Gottfried Christian Nees von Esenbeck* aus Erlangen. *Nees* hatte sich nach medizinischem Studium als praktischer Arzt niedergelassen; der Pflanzenwelt aber widmete er seine freien Stunden, indem er sich zunächst vor allem mit dem Bau und mit der Systematik der niederen Pflanzen beschäftigte, die ja damals noch so viele anziehende Rätsel bargen. Auf Grund einer Abhandlung über „Die Algen des süßen Wassers, nach ihren Entwicklungsstufen dargestellt“ und eines Buches über „Das System der Pilze und Schwämme“ war er soeben erst (1818) als Professor der Botanik nach Erlangen berufen worden.

Um die erste Anlage des Gartens und des Arboretums erwarb sich aber allem Anscheine nach

das Hauptverdienst der erste „Botanische Gärtner“ *Wilhelm Sinning*, dem viele Jahrzehnte lang, zuletzt mit dem Titel Garteninspektor, bis zum Jahre 1871 die Leitung und die Verwaltung ganz, vielleicht zu selbständig, überlassen blieb. Ein großer Teil der botanisch wertvollen Pflanzenbestände des neuen Gartens, des hortus medicus, wie man damals wohl zu sagen pflegte, um seine wesentlichen Aufgaben in diesen Zeiten anzudeuten, wurde aus dem früher kurfürstlichen Schloßpark in Brühl übernommen. Zur Aufnahme der empfindlicheren Gewächse wurde vor der Südwestfront des Schlosses nach den Plänen *Sinnings* ein langes Gewächshaus aus Holzrippen mit mehreren Abteilungen, doch von etwas geringeren Dimensionen als das jetzt hier befindliche, errichtet, das erst in den Jahren 1849 bis 1851 nach dem Vorbilde des Londoner Kristallpalastes aus Eisenrippen erstand.

Die Anlage der Nutzpflanzenbeete im Garten und der Herbarien führte anscheinend der jüngere Bruder *Nees von Esenbecks*, *Theodor Friedrich Ludwig*, aus. Er war schon im Jahre 1819 zum Repetenten der Botanik und zugleich zum Garteninspektor bestellt worden, habilitierte sich 1820 als erster botanischer Privatdozent, wurde im Jahre 1822 außerordentlicher Professor, im Winter neben seinem Bruder ordentlicher Professor, aber für die Zweige der angewandten Botanik, worin er sich auch, und zwar besonders in den Gebieten der pharmazeutischen Botanik, neben der Systematik der höheren Pflanzen schriftstellerisch während seines ganzen Lebens besonders betätigt hat. Vom Jahre 1833 ab bis zu seinem Tode 1837 schließlich war er zum Mitdirektor des Gartens bestellt.

Nees der Ältere, wie er zum Unterschied von seinem Bruder genannt wurde, las in der damals üblichen Weise über Botanik, Kryptogamen, Forstbotanik, Toxikologie und hielt Demonstrationen über officinelle und Giftpflanzen, wohl im Garten, ab. Doch ging der Unterricht in angewandter Botanik sowie in Pharmazie unter ihm schon sehr bald auf andere Botaniker der Hochschule über — und so blieb es auch unter seinen Nachfolgern —, so zunächst auf *Nees den Jüngeren*, der zugleich das erste pharmazeutische Laboratorium, und zwar in dem späteren botanischen „Lehrsaale“ des Poppelsdorfer Schlosses, einrichtete. Den in jenen Zeiten noch mehr als bescheidenen Bedürfnissen nach wissenschaftlichen Lehrmitteln diente viele Jahrzehnte lang ausschließlich das im Jahre 1825 begründete Seminar für die gesamten Naturwissenschaften, zu dessen erstem Leiter ebenfalls *Nees der Ältere* ernannt wurde.

Als im Jahre 1829 *Nees der Ältere*, wohl aus persönlichen Gründen, sich nach Breslau versetzen ließ, wurde von dorthier sein Kollege *Ludolph Christian Treviranus* als erster Fachordinarius und Direktor der Anstalten an die Bonner Universität übernommen. Auch dieser

Botaniker war vom ärztlichen Berufe aus, den er in Bremen ausübte, zur scientia amabilis gekommen. Er hatte sich vor allem durch pflanzenanatomische Arbeiten einen Namen gemacht. Auf die Weiterentwicklung des Gartens hat der neue Direktor während seiner dreißigjährigen Amtstätigkeit gar keinen Einfluß geübt. Er zog sich vielmehr schon im Jahre 1835 von der Verwaltung grollend völlig zurück wegen dauernder Mißhelligkeiten mit dem Gartenpersonal, die vor allem durch die offenbar wenig glückliche Dienstweisung des botanischen Gärtners verschuldet zu sein scheinen. *Treviranus* dehnte seine Vorlesungen auch auf Anatomie und Physiologie der Pflanzen aus.

In diesen ersten fünfzig Jahren des Bestehens der Universität war der Unterricht und die Forschungstätigkeit in der Pflanzenkunde wenig ersprießlich und hatte leider auch keinen Einfluß auf die Weiterentwicklung der Botanik, nicht anders übrigens als auf den meisten anderen deutschen Hochschulen. Die einseitigen, wenn auch mächtigen Anregungen, die namentlich *Linné* gegeben hatte, gingen fast überall in Deutschland einen sehr seltsamen und verhängnisvollen Bund ein mit der spekulativen Naturphilosophie. Dadurch aber wurde jeder fruchtbringende Fortschritt in der allgemeinen und speziellen Botanik, der doch nur durch exakte methodische Befragung der Natur möglich war, auf Jahrzehnte hinaus gelähmt. Die auf induktiven Methoden begründete exakte Arbeitsweise, womit ausländische Botaniker, namentlich in der Schweiz, in Frankreich und England, in jenen Zeiten große Erfolge erzielten, fanden bei uns ebensowenig Nacheiferung wie die vorbildlich genauen Naturbeobachtungen unseres Dichternaturforschers *Goethe*, wodurch bekanntlich die Morphologie so nachhaltig beeinflußt wurde. Die rein spekulative Seite auch in *Goethes* naturwissenschaftlichen Schriften zog die Geister bei uns viel stärker an, zumal der Boden durch *Fichte*, *Schelling* und *Hegel* in solcher Richtung vorbereitet war. Die Neigungen *Nees des Älteren*, der, gewiß in seiner Art ein geistreicher Kopf, einer der bekanntesten Hauptvertreter der spekulativen Naturphilosophie war und infolgedessen als einer der allerersten deutschen „Naturforscher“ seiner Zeit galt (wie schon daraus ersichtlich ist, daß er lange Jahre die ehrenvolle Stellung des Präsidenten der damals noch hochangesehenen Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher bekleidete), erstreckten sich hauptsächlich auf diese so unfruchtbaren spekulativen Gebiete. Ein umfangreiches zweibändiges Handbuch der Botanik, das er in Bonn anfangs der zwanziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts herausgab, kann kaum von anderen Erzeugnissen dieser Art aus jener Zeit an dunklem, spekulativem Tiefsinn, um nicht zu sagen Unsinn, übertröffen werden. *Nees* hat denn auch in Bonn Vorlesungen über

Naturphilosophie und über die philosophischen Elemente der Naturwissenschaften gehalten, ja in den Vorlesungsverzeichnissen jener Zeit sogar Untersuchungen über das Nachtleben des Menschen angezeigt. Auch *Treviranus* war noch stark in dieser Denkrichtung befangen. Deshalb konnte auch seine zweibändige „Physiologie der Gewächse“, die in Bonn 1835–38 herauskam, nur wenig Einfluß auf die weitere Forschung ausüben, da sie in veralteter Weise die mannigfaltigen Rätsel der Lebenserscheinungen nicht auf exakt physikalisch-chemischem Wege, d. h. also mechanisch, sondern durch die mystische Lebenskraft der Naturphilosophen zu erklären suchte.

Kaum einer der wenigen Privatdozenten jener Epoche hat sich einen irgend bleibenden Namen in der botanischen Wissenschaft gemacht, mit Ausnahme von *Dietrich Brandis*, der sich im Jahre 1849 habilitierte, im Jahre 1856 aber in englische Kolonialdienste trat und später als Generalforstmeister Indiens zu hohen Ehren gelangt ist.

Die neue Zeit kündigte sich zum ersten Male in den akademischen Unternehmungen des Privatdozenten *Robert Caspary* an, der sich im Jahre 1856 von Berlin nach Bonn umhabilitiert hatte. Jetzt zum ersten Male finden wir in den Vorlesungsverzeichnissen Ankündigungen von mikroskopischen Demonstrationen und Vorlesungen über den Gebrauch des Mikroskopes. So ist es wohl auch kein Zufall, daß dieser tüchtige Botaniker in der langen Reihe der späteren Bonner botanischen Dozenten der erste ist, der auf einen ordentlichen botanischen Lehrstuhl nach auswärts, und zwar nach Königsberg, berufen wurde (1859). Als sich *Treviranus* im Jahre 1859 zur Ruhe setzte, wurden von seinem Nachfolger *Hermann Schacht*, der sich, ein Schüler *Schleiden's*, als Privatdozent in Berlin durch seine Bücher (Das Mikroskop und seine Anwendung 1851, Physiologische Botanik 1852, Der Baum 1853, ein Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse 1856/59) in weiteren Kreisen bekannt gemacht hatte, zum ersten Male auch mikroskopische und pflanzenphysiologische Übungen in den botanischen Unterricht an unserer Hochschule eingeführt.

Inzwischen war im Jahre 1847 in Bonn-Poppelsdorf die Landwirtschaftliche Akademie eröffnet worden, die von vornherein in engste Beziehung zur Universität trat. Hiermit aber erwachsen für die botanische Wissenschaft neue wichtige Unterrichtsaufgaben, die zunächst im ersten Semester einem Apotheker Dr. *Marquart*, alsdann für $3\frac{1}{2}$ Jahre dem Inspektor des Botanischen Gartens der Universität *Wilhelm Sinning*, vom Frühjahr 1857 aber dem Dr. med. *Johannes Lachmann* als „Hauptamtlichem Lehrer für beschreibende Naturwissenschaften“ übertragen wurden. Als dieser im Jahre 1860 erkrankte, übernahm *Schacht* für kurze Zeit vertretungs-

weise seine Vorlesungen. *Schacht* ist somit der erste unter den zahlreichen Botanikern der Universität gewesen, die sich am Unterricht der Landwirtschaftlichen Akademie, namentlich in Pflanzenphysiologie, beteiligt haben. Im Jahre 1861 übertrug die Regierung den Unterricht in beschreibenden Naturwissenschaften (d. h. in Botanik, Zoologie und Mineralogie) *Julius Sachs*, der schon früher Dozent für Botanik an der Universität Prag, von 1859 ab aber Assistent am Agrikulturchemischen Laboratorium in Tharand gewesen war. Keinem Berufeneren hätte man den Unterricht der Landwirte in der Botanik anvertrauen können; ging doch mit ihm ein Stern erster Größe am botanischen Himmel auf. Die Akademie darf stolz darauf sein, den späteren Altmeister der Pflanzenphysiologie, der in Bonn sein Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen schuf (Leipzig 1865), ein grundlegendes Buch von größtem Einfluß auf die weitere Entwicklung dieses Zweiges der Botanik, 6 Jahre lang, bis 1867, forschend und lehrend in ihrer Mitte gehabt zu haben. Sein Nachfolger wurde *Friedrich Körnicke* (bis 1898), der sich durch seine Forschungen über die Herkunft und die Entstehung unserer Getreiderassen und neuer Getreidevarietäten ebenfalls einen sehr geachteten Namen gemacht hat. *Körnicke* richtete an der Akademie gleich nach seiner Berufung ein besonderes botanisches Institut ein, während sich *Sachs* bei seinen experimentellen Untersuchungen noch mit einigen kleinen Zimmerchen hatte begnügen müssen. Auch übernahm er die Leitung des kleinen ökonomisch-botanischen Gartens der Akademie.

Eine Glanzzeit, reich an Ruhm für die Bonner alma mater und an Erfolgen für die gesamte Botanik, zog ein im Jahre 1865, als auf den durch den Tod *Schachts* verwaisten botanischen Lehrstuhl der Universität *Johannes von Hanstein* berufen wurde, ein moderner, exakter Naturforscher von allgemeiner naturwissenschaftlicher Bildung und vornehmer idealer Gesinnung, dessen dauernd mit Dankbarkeit zu gedenken die Bonner Universität allen Grund hat. *Hanstein* hatte während seiner Studienzeit und später als Privatdozent in Berlin mächtige Anregungen vor allem von dem großen Tierphysiologen *Johannes Müller*, dem Protistenforscher *Ehrenberg* (seinem Schwiegervater) und von dem bedeutenden Botaniker *Alexander Braun* empfangen. Er ist der Begründer des Botanischen Institutes in den Räumen des Poppelsdorfer Schlosses (1865), einer der ältesten derartigen Lehr- und Forschungsstätten in Preußen. In jener Zeit begann sich überall die Erkenntnis durchzuringen, daß die praktische, methodische Unterweisung in der Biologie die theoretische ergänzen und durchdringen müsse, um junge Forscher zu erfolgreicher Arbeit heranzubilden, und daß nur in Laboratorien bei ständiger Zusammenarbeit von Lehrer und Schülern die richtige Anleitung zu

modernen Untersuchungen gegeben werden könne. Und dieses Institut übte bald, so primitiv und bescheiden es auch in Räumen und Einrichtungen sein mochte, durch die wissenschaftlich bedeutende Persönlichkeit seines Leiters, der sich vor allem durch seine der Keimblatt-Theorie der Zoologen ähnliche Lehre von der Verschiedenwertigkeit der embryonalen Gewebeschichten in den Vegetationspunkten und durch andere exakte entwicklungsgeschichtliche Arbeiten sowie durch einige physiologische Studien allgemein bekannt machte, eine solche Anziehungskraft aus, daß der neue Direktor schon im Jahre 1871 voller Stolz über 20 botanische Praktikanten, darunter einige Ausländer, berichten konnte. *Hanstein* machte im besten Sinne des Wortes Schule, indem er Schüler des In- und Auslandes, die später fast alle Namhaftes in ihrer Wissenschaft geleistet haben, vor allem für die entwicklungsgeschichtliche Richtung heranzog, die ja in jener Zeit unter dem Einflusse *Darwins* allgemein ganz besonders hoch im Kurse stand. Die wichtigsten Arbeiten, die in der Folgezeit hier entstanden, hat *Hanstein* in vier Bänden mit dem Titel „Botanische Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie“ herausgegeben.

Hanstein ließ aber auch den Garten nicht aus dem Auge, obwohl seine Arbeitskraft durch zarte Gesundheit und durch öfter wiederkehrende schwere und langdauernde Erkrankungen sehr beeinträchtigt war. Ja der schöne Garten wuchs ihm besonders ans Herz, zumal *Hanstein* sich in seiner Jugend zunächst auf den Gärtnerberuf vorbereitet hatte. *Hanstein* erkannte richtig, daß in der neuzeitlichen Entwicklung des botanischen Unterrichtes auch die Gärten neue, ja erhöhte Bedeutung gewinnen mußten. Denn nur in ihnen ließ sich, und zwar weit umfassender noch als auf Exkursionen in die Umgebungen der Hochschulen, bei richtiger Fortbildung ihrer Einrichtungen die lebendige Anschauung der Pflanzen als an die Umwelt verschieden angepaßter Naturkörper geben, deren die jungen Laboratoriumsbotaniker und die künftigen Lehrer so dringend bedürfen, um den Zusammenhang mit dem Naturganzen nicht völlig zu verlieren. Bei dem trefflichen neuen Garteninspektor *Julius Bouché* (seit 1871) fand er volles Verständnis für seine Ideen und tatkräftige Hilfe.

Zugleich bewährte *Hanstein* einen richtigen Blick bei der Auswahl seiner wissenschaftlichen Hilfskräfte. Der erste Assistent an dem neuen Institut war *Ernst Pfitzer*, seit 1869 auch Privatdozent. Als *Pfitzer* im Jahre 1872 Ordinarius in Heidelberg wurde, folgte ihm als Privatdozent und Assistent *Johannes Reinke*, der aber auch bald wieder, schon 1873, Bonn verließ, um das Extraordinariat in Göttingen zu übernehmen, und jetzt als Ordinarius in Kiel wirkt. Nun setzte *Hanstein* bei der Regierung durch, daß ein besonderes Extraordinariat für Pharmakognosie

geschaffen wurde, das mit einer Kustodenstelle an den Anstalten verbunden werden sollte. Es gelang ihm, dafür den Privatdozenten *Wilhelm Pfeffer* in Marburg zu gewinnen, der damals schon mit einer Reihe ausgezeichnete exakter Arbeiten, namentlich aus pflanzenphysiologischen Gebieten, hervorgetreten war. Immer werden die Jahre 1874–77 ein glänzendes Ruhmesblatt in der Geschichte des Bonner Institutes bilden, während *Pfeffer* hier wirkte und namentlich seine Osmotischen Untersuchungen ausführte, worin zum ersten Male mit einer feinen Methode die Messung osmotischer Druckkräfte von Lösungen in exakter Weise gelang. Bekanntlich haben ja diese, in physikalischer und physiologischer Hinsicht gleich bahnbrechenden Untersuchungen, die durch eine ungewöhnliche Fülle fruchtbarer Gedanken ausgezeichnet sind und immer zu den wahrhaft klassischen Arbeiten der Naturwissenschaften gerechnet werden müssen, später dem Physikochemiker *van't Hoff* die Grundlage zu seiner modernen Theorie der Lösungen gegeben. Als *Pfeffer* im Jahre 1877 als Ordinarius nach Basel übersiedelte, wurde sein Nachfolger *Hermann Vöchting*, der sich inzwischen im Jahre 1875 in Bonn habilitiert hatte. Auch *Vöchting* schuf hier in der kurzen Zeit seines Wirkens (er wurde schon 1878 ebenfalls nach Basel, und zwar als Nachfolger *Pfeffers*, berufen) Bahnbrechendes auf einem anderen, damals noch fast unbearbeiteten Gebiete der Physiologie, nämlich seine geistvollen Untersuchungen über Organbildung im Pflanzenreiche, worin die in entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht so äußerst wichtige Polarität der Pflanzenteile entdeckt wurde. Diese Abhandlung war eine der allerersten, die sich eingehend mit Problemen der Entwicklungsphysiologie oder Entwicklungsmechanik der Pflanzen, ja der Organismen überhaupt, beschäftigte. Welche hohe Bedeutung zugleich diese Untersuchungen *Vöchtings* und auch die übrigen Bonner Botaniker, vor allem von *Hanstein* und *Pfeffer*, für die Entwicklung der modernen Einsicht in das Wesen der Gewächse als lebender Organismen oder Lebensseinheiten gehabt haben, habe ich an anderer Stelle eingehend darzulegen versucht¹⁾. Auch der dritte Extraordinarius in Bonn (von 1878–1884) *Friedrich Schmitz*, ein Schüler *Hansteins*, der zuvor in Halle Privatdozent gewesen war, machte sich durch seine in Bonn ausgeführten zytologischen Arbeiten an niederen Pflanzen, im besonderen den Algen, einen geachteten Namen. Er wurde von Bonn als Ordinarius nach Greifswald berufen, wo er allzu früh starb.

Es war ein sehr schwerer Schlag für die so schön erblühte botanische Wissenschaft in Bonn, als *Hanstein*, erst 58 Jahre alt, nach langer Krankheit in seinem Rektoratsjahre am 27. August 1880 aus dem Leben schied.

¹⁾ *Fitting, H.*, Die Pflanze als lebender Organismus. Kaisergeburtstagsrede in Bonn. G. Fischer 1917.

Der Regierung gelang es aber, als Nachfolger einen Botaniker zu gewinnen, der schon damals als Entdecker der Kernteilungsvorgänge bei den Pflanzen und durch eine Reihe umfangreicher entwicklungsgeschichtlicher Arbeiten einen Welt-ruf genoß, *Eduard Strasburger*, Professor in Jena, der seiner Herkunft nach Pole war. Als Schüler von *Schacht*, bei dem er als Bonner Student im Sommersemester 1865 die damals und später noch lange Zeit gebräuchliche mikroskopische Technik erlernt hatte, und unter dem Einfluß von *Häckel* und *Pringsheim* in Jena, war er, wie *Hanstein* vor allem, doch nicht ausschließlich Morphologe und blieb auch in Bonn auf dem von ihm so wesentlich geförderten Gebiete der pflanzlichen Zytologie besonders erfolgreich. Das botanische Institut aber hat sich unter seiner Leitung nur recht einseitig und bescheiden weiter entwickelt. Genügte es doch den sehr geringen Ansprüchen, welche die in Bonn nun besonders gepflegte zytologische Forschungsrichtung an Räume und Einrichtungen stellte, wenn es auch namentlich von den 90er Jahren ab für den Unterricht der lawinenartig wachsenden Hörer- und Praktikantenscharen in wahrhaft beängstigender Weise räumlich mehr und mehr versagte, ohne daß sich eine irgend annehmbare Möglichkeit zu seiner Erweiterung in der Zwangsjacke des Poppelsdorfer Schlosses zeigen wollte. Die sehr knappen Mittel, die dem neuen Direktor zunächst zur Verfügung standen, erlaubten nur eine Vergrößerung der Wandtafelsammlung und den Ausbau der Sammlung optischer Instrumente. Die mikroskopische Apparatur pflegte *Strasburger* auch später entsprechend seiner Arbeitsrichtung ausschließlich, als es ihm nach langen Mühen endlich gelungen war, die Etatsmittel des Institutes bei allergrößter Sparsamkeit und bewundernswürdiger Anspruchslosigkeit in ein einigermaßen richtiges Verhältnis zu den unbedingt erforderlichen Unkosten seines Betriebes zu bringen. Für den Garten gelang es ihm, im Jahre 1887, nach dem Weggange *Bouchés*, den bekannten Dendrologen *Ludwig Beißner* als Garteninspektor zu gewinnen, der sich große Verdienste um das Arboretum des Gartens erwarb.

Die Forschungstätigkeit *Strasburgers* im Verein mit Schülern aus allen Ländern der Erde, die zu ihm eilten, um sich hier durch den Institutsdiener und späteren Institutstechniker *Hubert Sieben*, dem Verfertiger fast aller mikroskopischen Präparate zu *Strasburgers* späteren Arbeiten und Verfasser des Büchleins „Einführung in die botanische Mikrotechnik“ (G. Fischer, Jena 1913), in die Methoden und durch den Institutsdirektor in die Probleme der jüngsten Disziplin der Botanik einführen zu lassen, trugen nicht weniger zu neuem Ruhme Bonns bei, als *Strasburgers* geistvolle Vorlesungen und die allbekannten und überall auf der Erde benutzten Lehr- und Handbücher, die er verfaßte. Erwähnt sei vor allem das „Bonner“ Lehrbuch der Bo-

tanik, das *Strasburger* im Verein mit drei anderen Bonner Botanikern (*Noll*, *Schenck* und *Schimper*) im Jahre 1894 begründete; in vielen Auflagen und Übersetzungen in mehrere Kultursprachen hat es seinen Weg fast über die ganze Erde gemacht; Tausende, ja Zehntausende von Naturwissenschaftlern haben daraus immer wieder Belehrung und Anregung geschöpft. Auch „Das kleine botanische Praktikum“ und das große „Botanische Praktikum“ haben Eingang in alle botanischen Laboratorien gefunden; das letztere dürfte auf kaum einem Arbeitsplatze der Erde fehlen, an dem mit dem Mikroskop botanisch gearbeitet wird. Ferner war *Strasburger* seit 1895 Mitherausgeber der Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Wie in Deutschland in der gleichen Zeit sonst nur bei *Sachs* in Würzburg, bei *Pfeffer* in Tübingen und Leipzig oder bei *Göbel* in München, wurde das Bonner Institut nun mehr und mehr zum Mittelpunkt einer ganz internationalen Schule. Und zugleich wurde Bonn nun noch mehr als schon früher ein Anziehungspunkt für jüngere begabte Kräfte, trotzdem seine Institutionseinrichtungen in so auffallendem Gegensatze zu seinem wissenschaftlichen Rufe dauernd ungewöhnlich rückständig und einseitig blieben. Ein großes Verdienst um die deutsche Botanik erwarb sich *Strasburger* dadurch, daß es ihm glückte, den etwas unsteten geistreichen Elsässer *A. F. W. Schimper* in Bonn für Deutschland festzuhalten, der sich hier im Jahre 1883 habilitierte und dann von 1886 bis 1899, eigentlich allzu lange für einen so bedeutenden Forscher, als Extraordinarius und Kustos in Bonn wirkte. Durch ihn erlebte die physiologische oder ökologische Pflanzengeographie, ebenfalls eine noch junge Forschungsrichtung, hohe Blüte. In Bonn fanden *Schimpers* vortreffliche Arbeiten über biologische und pflanzengeographische Probleme, freilich alles Ergebnisse seiner ausgedehnten Forschungsreisen in die Tropen, ihre Vollendung, und hier entstand als Schlußstein dieser Studien seine an neuen Gedanken reiche „Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage“ (1898). Ihm folgten, als er dem Zuge der jüngeren Bonner Botaniker entsprechend als Ordinarius nach Basel ging, als Extraordinarius *George Karsten* (1899—1909), jetzt Ordinarius in Halle, dann *Wilhelm Benecke* (1909—1911), jetzt Ordinarius in Münster, endlich *Ernst Küster* (von 1911). Von Privatdozenten und Assistenten waren unter *Strasburger* am Institut weiter tätig *Johow* (1884—1888), der im Jahre 1888 einen Ruf nach Santiago in Chile annahm, *Heinrich Schenck* (1888—1896), jetzt Ordinarius an der Technischen Hochschule in Darmstadt, *Noll* (1889—1898), der in Bonn auf pflanzenphysiologischen Gebieten sich betätigte, 1898 nach der Pensionierung *Körnicks* die Professur für Botanik an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Bonn-Poppelsdorf übernahm und alsdann als Ordinarius nach Halle ging, wo er 1908 starb.

Max Körnicke (1902—1908), seit 1908 Professor an der Poppelsdorfer Akademie und jetzt noch dort tätig, Hugo Fischer (1898—1905), Henry Schröder, jetzt Abteilungsvorsteher und Extraordinarius in Kiel, und endlich der Schweizer Walter Bally (1911—1915). Ein reges wissenschaftliches Leben fast auf allen Gebieten der Botanik, wie an wenigen anderen Universitäten Deutschlands, entfaltete sich an der Bonner Hochschule in diesen schönen Zeiten. Aus den Gebieten der Zytologie, Histologie, Organographie, Entwicklungsgeschichte, der Physiologie, der Ökologie, Pathologie und Geographie der Gewächse und der Kryptogamenkunde entstanden Arbeiten, die unsere Wissenschaft wesentlich förderten und überallhin Anregungen verbreiteten. Und mancher jüngere Botaniker, der inzwischen längst zu Ansehen und Amt innerhalb und außerhalb Deutschlands, auch in den jetzt feindlichen Ländern der Erde, gelangt ist, fand hier vielseitige Belehrung und Hilfe.

Nach dem Tode Strasburgers, dem im Laufe seines Lebens fast alle Ehrungen zuteil geworden waren, mit denen man einen Gelehrten von Weltruf im In- und Auslande nur auszeichnen kann, wurde im Jahre 1912 der Verfasser dieser Zeilen, damals Direktor der Botanischen Staatseinstitute in Hamburg, nach Bonn berufen. Ihm erwuchs die sehr schwere und verantwortungsvolle Aufgabe, in Anknüpfung an die vorhandenen mehr als bescheidenen Einrichtungen, aber entsprechend den in den letzten Jahrzehnten entstandenen Bedürfnissen der Forschung und des Unterrichtes, der inzwischen notgedrungen zu einer nicht immer erfreulichen Massenunterweisung geworden war, das Institut zu vergrößern und in allen seinen Lehr- und Forschungsmitteln fast völlig zu erneuern. Sie war um so dornenvoller, weil die in jeder Hinsicht völlig unzulänglichen Räume des Poppelsdorfer Schlosses

weder die sehr dringliche Erweiterung der Laboratorien, Praktikanten- und Sammlungsräume erlaubten, noch es ermöglichten, sie für moderne experimentelle Forschungen hinreichend neuzeitlich einzurichten. Immerhin konnten wenigstens die schlimmsten Übelstände beseitigt werden; noch nicht einmal eine Wasserleitungsanlage war ja im Jahre 1912 in fast sämtlichen Institutsräumen vorhanden, eine Tatsache, die als Kuriosum hier doch nicht unerwähnt bleiben soll. Besonders bereitgestellte Staatsmittel ermöglichten es, die für modernen naturwissenschaftlichen Unterricht unerläßlichen Wandtafeln, Diapositive, Alkoholsammlungen, physiologischen Apparate usw. anzuschaffen und im Garten ein größeres Versuchsgewächshaus mit mehreren Glashausabteilungen, zwei Zimmern mit konstanten Temperaturen, einem Dunkelzimmer und einer Reihe Arbeitsplätze für experimentelle Untersuchungen einzurichten, so daß nun die Vorbedingungen erfüllt sind, um auch in Bonn künftig in *experimentellen* Richtungen arbeiten zu können, denen ja die Gegenwart und die Zukunft hauptsächlich gehören. Alle Änderungen waren als ein mehr oder weniger kurzes Provisorium gedacht, das es ermöglichen sollte, durchzuhalten, bis endlich einmal der dem jetzigen Institutsdirektor in sichere und baldige Aussicht gestellte Bau eines besonderen Botanischen Institutes aufgeführt sein würde, ein auch in Bonn unabwiesbares und allseits anerkanntes Bedürfnis, das an fast allen anderen deutschen Universitäten längst Befriedigung gefunden hat. Der Weltkrieg mit allen seinen Folgen hat aber schmerzlicherweise auch diese Pläne und Hoffnungen in weite Ferne gerückt, sofern nicht opferfreudige Hände sich finden, die bereit sind, zu übernehmen, wozu der Staat nach Lage der Dinge für lange Zeiten ganz außerstande sein dürfte.

Zoologie.

Von Prof. Dr. Richard Hesse, Bonn.

Als vor einem Jahrhundert die Universität Bonn gegründet wurde, da herrschten andere Auffassungen über die Art und Weise, wie Zoologie gelehrt werden müsse und was für Hilfsmittel dazu notwendig seien. Die Kenntnis der Tierformen, die ja immer die Grundlage für die zoologische Wissenschaft bleiben muß, war damals Selbstzweck; sie bildete das Gebäude der damaligen Tierkunde, während sie jetzt das Fundament darstellt, worauf sich der Bau der vergleichenden Anatomie und Physiologie, der Ökologie, der Abstammungs- und Vererbungslehre, der experimentellen Biologie erhebt.

So erschien denn als erstes Erfordernis für den Unterricht ein Museum, und den Grundstock dafür bildete eine Sammlung von 221 ausgestopften Tieren, die als Rest des fürstbischöflichen

Naturalienkabinetts im Poppelsdorfer Schloß aufbewahrt wurden. Diesen Grundstock nach Kräften zu mehren, mußte denn auch eine der Hauptaufgaben der ersten Professoren der Zoologie sein. Sie haben sich dieser Aufgabe mit großem Eifer und gutem Erfolg entledigt, so daß das Museum nach fünfzigjährigem Bestehen 611 Säugetiere, 2375 Vögel, 954 Reptilien und Amphibien, 2876 Fische, 20 441 Mollusken, 34 236 Insekten und 1664 Krebse und Spinnentiere enthielt.

Die Stätte des Unterrichts für fortgeschrittenere Studenten war nicht wie heute ein zoologisches Institut, das mit Arbeitsräumen, Bibliothek und Hilfsmitteln der Untersuchungstechnik ausgestattet ist, sondern für die gesamten naturwissenschaftlichen Fächer gemeinsam das natur-

historische Seminar („Seminarium physicum“). Dort hatten die Studenten, die zu wirklichen Mitgliedern des Seminars aufgerückt waren, Vorträge zu halten und schriftliche Arbeiten zu liefern, ein Betrieb, wie er dem der philologischen Seminarien nachgebildet war. Das Seminar war gut ausgestattet und besaß z. B. das beste damals in Bonn vorhandene Mikroskop, ein Instrument von *Utzscheider* und *Fraunhofer*, das *Johannes Müller* bei seinen berühmten Drüsenuntersuchungen (1829) zu mikrometrischen Messungen benutzte.

Von den in Bonn tätigen Zoologen sind an erster Stelle die zu nennen, die den Lehrstuhl für Zoologie an der Universität inne hatten. Da sind es drei Männer, die dem Lehrbetrieb in diesen 100 Jahren den Stempel aufdrückten, weil sich ihre Tätigkeit zusammen über 92 Jahre erstreckt; es sind *Georg Aug. Goldfuß* (in Bonn 1818 bis 1848), *Franz Hermann Troschel* (1849—1882) und *Hubert Ludwig* (1887—1913). Wie ein kurzes Interregnum nimmt sich dagegen die Tätigkeit von *Richard Hertwig* (Winterhalbjahr 1883/84) und *Franz Leydig* (1884—1887) aus.

Goldfuß, *Troschel* und *Ludwig* haben manches Gemeinsame. Alle drei sind nach ihrer Arbeitsweise in der Hauptsache Systematiker. *Goldfuß* war vor allem Paläontologe und hat als solcher große Verdienste; die Zoologie vertrat er nur nebenbei, erst nach seinem Tode wurde dafür ein besonderer Lehrstuhl geschaffen. Wir besitzen von ihm nur eine zoologische Untersuchung (über Käfer vom Kap der guten Hoffnung 1805). Die systematischen Untersuchungen von *Troschel* und *Ludwig* stehen ganz auf der Höhe neuzeitlicher Auffassung; sie bieten weit mehr als bloß äußerliche Tierbeschreibungen und sind auf anatomische Zergliederung aufgebaut, um durch Ermittlung der Verwandtschaftsbeziehungen die Art an der richtigen Stelle einzureihen und das gegenseitige Verhältnis der Gattungen und höheren Gruppen untereinander festzustellen. *Troschel* war ja als Mitarbeiter *Johannes Müllers* durch die denkbar beste Schule gegangen, und sein Name ist mit den Untersuchungen seines Meisters über Asteriden und Knochenfische aufs engste verknüpft. Die Beziehungen zu *Müller* überdauerten *Troschels* Übersiedlung nach Bonn; im Herbst 1853 war *Troschel* mit *Müller* in Messina. Sein Hauptwerk, an dem er in Bonn von Anfang der fünfziger Jahre bis zu seinem Tode arbeitete, behandelt „das Gebiß der Schnecken“ und faßt den Gegenstand durchaus von der systematischen Seite, als Grundlage für die Einteilung dieser Klasse. *Ludwigs* Arbeiten haben eine reiche Fülle sicherer Tatsachen über Bau und Entwicklung der Echinodermen, besonders der Holothurien und Seesterne ermittelt. Als bester Kenner der Echinodermen erhielt er die Ausbeute zahlreicher Expeditionen (*Vettor Pisani*, Albatroß, Magelhaens-Sammelreise, Belgica u. a.) zur Bearbeitung,

und dieses wertvolle Material nahm seine volle Arbeitskraft jahrelang derart in Anspruch, daß er in den letzten Jahren fast ganz in systematischer Arbeit aufging. Seine Bearbeitung der Holothurien und Asteriden für Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs und die Monographie der Asteriden in der „Fauna und Flora des Golfs von Neapel“ bezeichnen Höhepunkte seiner Tätigkeit. Als wertvolles Vermächtnis hat er das Manuskript eines Katalogs der Asteriden hinterlassen, das kurz vor seinem Tode vollendet worden war, und dessen Drucklegung durch den Krieg bisher verzögert worden ist. Wenn diese Forschertätigkeit auch einseitig war, so war sie um so tiefergehender und fruchtbarer, und die Zoologie verdankt ihr vielfachen Gewinn.

Jeder von den Dreien hat auch ein Lehrbuch der Zoologie herausgegeben. Von *Goldfuß* stammt ein Handbuch der Zoologie (Nürnberg 1820), das er auch seinen Vorlesungen zugrunde legte. *Troschel* besorgte die 2. bis 7. Auflage des Handbuchs seines Lehrers *Wiegmann*. Von *Ludwig* stammt die zweibändige, einer völligen Neubearbeitung gleichkommende Neuauflage von *Leunis'* Synopsis des Tierreichs, ein Werk, das auch jetzt noch großen Wert für den Zoologen besitzt, da seitdem eine ähnliche Bearbeitung der Systematik des ganzen Tierreichs nicht erschienen ist. In allen diesen Werken nehmen die trockenen Beschreibungen der Gattungen und Arten weitaus den meisten Raum ein, und die Erörterungen anatomischen und allgemein biologischen Inhalts sind dadurch mehr oder minder eingeschränkt.

Troschel ist außerdem bekannt als Herausgeber des Archivs für Naturgeschichte. Besonders dankenswert ist es, daß er für die Jahresberichte dieser Zeitschrift die Berichterstattung über Mollusken, Frösche und Kriechtiere, seit 1863 auch über Säugetiere selbst übernommen und mit peinlicher Gewissenhaftigkeit durchgeführt hat. Fleißig, regsam, beliebt, gesellig, war *Troschel* im Bonner Universitätsleben eine bemerkenswerte Erscheinung. Aber an dem gewaltigen Aufschwung, den in jener Zeit die Zoologie durch die Tätigkeit von Forschern, wie *Joh. Müller*, *Karl Theodor v. Siebold*, *Leuckart*, *Häckel*, *Gegenbaur* nahm, hatte er wenig Anteil; den großen Fortschritten stand er fremd gegenüber, in das Wesen der Abstammungslehre und der daran anknüpfenden Fragen vermochte er nicht einzudringen.

Nur kurz war *Richard Hertwigs* Verweilen in Bonn. Es ist nicht zu verwundern, daß diesem unruhigen Semester des Kommens und Gehens besondere wissenschaftliche Untersuchungen nicht entstammen. Und doch verdankt der zoologische Unterricht in Bonn seinem Eingreifen wichtige dauernde Fortschritte. Er stellte als Bedingung für die Übernahme des Bonner Lehrstuhls die Einrichtung eines zoologischen Institutes und legte dadurch hier den Grund für die neuzeitliche praktische Unterweisung der Studierenden

und für deren Heranziehung zu selbständigen Untersuchungen. Bei seinem Fortgange aber empfahl er die Vereinigung des zoologischen Lehrstuhls mit dem der vergleichenden Anatomie, der bisher der medizinischen Fakultät angegliedert war. So erst wurde die Wirksamkeit des neuen zoologischen Instituts auf die nötige breite Unterlage gestellt.

Die Leitung des vergleichend-anatomischen Instituts lag seit 1875 in der Hand eines so hervorragenden Forschers wie *Franz Leydig*, der auch in Bonn eine rege wissenschaftliche Tätigkeit entfaltet hat. Seine Arbeiten über die anuren Batrachier, die einheimischen Schlangen, die Verbreitung der Tiere im Rhöngebirge und Maintal, die „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie und Histologie“ sowie „Zelle und Gewebe“ fallen in die Bonner Zeit. Männer wie der Zoologe *Max Weber*, der pathologische Anatom *Hugo Ribbert*, der Anatom *Oskar Schultze* waren bei ihm Assistenten. *Leydig* behielt die Leitung der vereinigten Institute nur drei Jahre lang (bis 1887) bei; dann zog er sich aus Gesundheitsrücksichten von der Lehrtätigkeit zurück.

An dem zoologischen Museum und später am zoologischen Institut arbeitete auch *Philipp Bertkau* (1874—1893), der sich durch seine Untersuchungen an Spinnen einen geachteten Namen gemacht hat. Um die faunistische Erforschung des Rheinlandes hat sich *Walter Voigt* (seit 1887 in Bonn) große Verdienste erworben durch rastlose eigene Untersuchungen und durch solche, die im Institut unter seiner Leitung entstanden.

Seit April 1914 liegt die Leitung des Bonner zoologischen und vergleichend anatomischen Instituts in den Händen des Verfassers dieses Berichts. Mit ihm lehren noch weitere sechs Professoren Zoologie (*König, Voigt, Strubell, Borgert, Reichensperger, Schmidt*). An Kräften ist kein Mangel; Mängel aber in Menge weist das Institut auf, das noch immer in den Räumen des alten Poppelsdorfer Schlosses untergebracht ist — unter den jetzigen Verhältnissen ist auf baldige Besserung nicht zu rechnen.

Von größter Bedeutung für die Förderung der zoologischen Wissenschaft waren Bonner Gelehrte, die mit dem zoologischen Lehrfach nichts zu tun hatten. An der Spitze, zeitlich sowohl wie nach seiner überragenden Bedeutung, steht der große Meister biologischer Forschung, *Johannes Müller*. Mit Stolz zählt ihn die Bonner Universität zu den ihrigen. Hier in Bonn hat er den Grund zu seiner Größe gelegt. Als Student (von 1819), Privatdozent (1824), außerordentlicher (1826) und ordentlicher Professor (1830) war er bis 1833 hier, um dann den Berliner Lehrstuhl für Anatomie und Physiologie zu übernehmen. Schon hier entfaltete er seine unvergleichlichen Forscher-eigenschaften, seine erstaunliche Vielseitigkeit bei uneingeschränkter Gründlichkeit, seinen scharfen Blick für das Wesentliche und seine um-

fassenden Kenntnisse. Neben anatomischen, embryologischen, histologischen und physiologischen Forschungen fand er Zeit zu Untersuchungen an Insekten, Spinnentieren, Mollusken, Krustazeen und Amphibien; er beschäftigte sich mit dem Bau der Augen bei Insekten, Spinnen, Krebsen und Schnecken, und stellte in seiner vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes (1826) die Lehre von dem musivischen Sehen mit den zusammengesetzten Augen auf.

Ostern 1859 übernahm *Max Schultze* die Leitung des anatomischen Instituts in Bonn. Auch seine Arbeiten gingen weit über das enge Gebiet seines Lehrfachs hinaus. Die Zoologie verdankt ihm zahlreiche Forschungsergebnisse von grundlegender Bedeutung. Hier in Bonn entstanden unter andern seine Untersuchungen über die Glasschwämme, über die elektrischen Organe der Fische, über Rhizopoden, über die Leuchtorgane des Glühwürmchens, über Bärtierchen sowie über die Augen der Krebse und Insekten, der Tintenfische und Heteropoden und über die Wirbeltier-netzhaut. Durch seinen vorzeitigen Tod — er starb im Alter von 49 Jahren — hat auch die Zoologie viel verloren.

Ebenfalls am anatomischen Institut war *Moritz Nußbaum* tätig; schon 1875 trat er als Assistent dort ein, gehörte ihm seit 1881 als Prosektor, seit 1888 als Kustos der anatomischen Sammlung an und hatte dort seine Arbeitsstätte als ordentlicher Professor der Biologie, seit 1907 bis zu seinem Tode 1915. *Nußbaum* war ein selbständiger Denker, der neue Wege einschlug und in weitem Maße das Experiment zur Ermittlung der Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge im tierischen Bau anwandte. Wir besitzen von ihm nur wenige rein morphologische Untersuchungen (anatomische Studien an kalifornischen Cirripeden; über die Niere der Anuren); meist gründen sie sich auf Experimente. Hauptsächlich waren es allgemeine biologische Fragen, denen er nachging: die Vorgänge bei der Befruchtung, die Parthenogenese und Regeneration, die Bedeutung der Keimblätter, Vererbungsfragen, die Geschlechtsentwicklung und deren Beeinflussung durch äußere Ursachen bei verschiedenen Tieren, die Abhängigkeit der sekundären Geschlechtsmerkmale von den Gonaden — das waren die Aufgaben, deren Ergründung er durch originelle Versuche unternahm. In seinem, zusammen mit *Karsten* und *Weber* bearbeiteten Lehrbuch der Biologie für Hochschulen hat er in dem von ihm herrührenden Abschnitt „experimentelle Morphologie“ eine zusammenfassende Darstellung des Gebietes gegeben, dem er seine Probleme entnahm.

Noch ist eines Zoologen in Bonn zu gedenken, der mit der Universität in keiner festen Verbindung stand, der aber über 30 Jahre als Privatgelehrter in Bonn lebte und einen Teil seiner Arbeiten von hier aus veröffentlichte: *D. A.*

Krohn. Von ihm stammt eine große Reihe wertvoller zoologischer Untersuchungen, besonders über wirbellose Tiere des Meeres, ihren Bau, ihre Entwicklung und ihre Fortpflanzung. Um den Betrieb der zoologischen Forschung in Bonn aber hat sich *Krohn* noch ein besonderes Verdienst dadurch erworben, daß er der Universität durch letztwillige Verfügung 26 000 Mark vermachte, deren Zinsertrag jährlich einem ehrenhaften, fleißigen und befähigten Studenten der Zoologie und vergleichenden Anatomie zufallen soll, der dieses Fach nachweislich als Hauptstudium betreibt. Über *Krohn*, diesen eifrigen und erfolgreichen Forscher, dessen Untersuchungen an Cirrhipeden *Darwin* mit Anerkennung nennt, dessen Name bei der Benennung einer Chaetognathengattung verewigt ist, fand ich nirgends eine Darstellung seines Lebensganges; daher möchte ich die Gelegenheit benutzen, hier kurz zusammenzustellen, was ich über sein Leben ermitteln konnte.

David August Krohn wurde am 11. August 1803 in St. Petersburg als Sohn des Kaufmanns Abraham Krohn und seiner Gattin Elisabeth, geb. Balser, geboren. Nachdem er in seiner Heimatstadt die berühmte Deutsche Hauptschule zu St. Petri durchlaufen hatte, widmete er sich von 1819 ab dem Studium der Medizin, zunächst an der medizinisch-chirurgischen Akademie in St. Petersburg, von 1821 ab in Berlin, wo er 1827 nach bestandener Staatsprüfung mit einer Dissertation „de iridodytisis operatione instrumentisque in ea adhibendis“ promovierte. Im folgenden Jahre kehrte er nach St. Petersburg zurück und fand, nach Erledigung der russischen Staatsprüfung und Promotion, an einem der dortigen Krankenhäuser eine Anstellung als Arzt, die er aber schon nach 8 Monaten aufgab. Von da ab widmete er sich zoologischen und vergleichend-anatomischen Untersuchungen, zu denen er durch *Rudolphis* Vorlesungen in Berlin angeregt worden war (Brief im Archiv der Leop.

Carol. Akademie). Seine erste in einer deutschen Zeitschrift erschienene Arbeit (über das Gefäßsystem des Flußkrebsses) findet sich in *Oken's Isis* 1834 und ist noch aus St. Petersburg datiert, ebenso wie eine Veröffentlichung aus dem Jahre 1837. 1835 wurde er Mitglied der Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher. 1839 treffen wir *Krohn* in Heidelberg, wo er mit dem Anatomen *Th. L. W. Bischoff* zusammen arbeitet. Doch blieb er nicht dort, sondern scheint zeitweilig in Hamburg gewohnt zu haben, wo er naturalisiert wurde (Bonner Kuratorialakten). Nun beginnt eine Wanderzeit, die den Forscher immer wieder an das Meer führt, zu Untersuchungen über marine Tiere. So weilte er in den Frühjahren 1840 und 1851 in Neapel, wohin er später (1869?) noch einmal zurückgekehrt zu sein scheint; fünf Winter (1844/5, 1845/6, 1852/3, 1853/4, 1856/7) hielt er sich in Messina auf, manchmal bis in den Juni hinein; von Oktober 1855 bis Juni 1856 war er in Madeira und Teneriffa; später scheint Nizza seine bevorzugte Forschungsstätte gewesen zu sein, wo wir ihn noch 1867 treffen. Den Winter 1851/2 verbrachte er in Paris (mindestens Oktober bis Februar). 1851 ist zum ersten Mal eine Arbeit von Bonn datiert; doch scheint er sich erst 1857 dauernd hier niedergelassen zu haben. Seine letzten Veröffentlichungen stammen aus dem Jahre 1869 (*Arch. f. Naturgesch.* 35). In späteren Jahren lebte er sehr zurückgezogen; hochbetagt und nahezu erblindet starb er am 26. Februar 1891.

Seine zoologischen Untersuchungen sind überaus vielseitig; besonders erstrecken sie sich auf den Bau und die Entwicklung von Meerestieren; da ist kaum eine Klasse, der er nicht irgendeine Untersuchung gewidmet hat. Mit einer gewissen Vorliebe hat er den Bau der Sehorgane untersucht; viele Arbeiten behandeln entwicklungsgeschichtliche Verhältnisse, besonders Larvenformen. Aber auch Süßwasser- und Lufttiere hat er in seine Untersuchungen einbezogen.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 32. (Seite 581—596).

8. August 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Experimentelle Forschungen zum Determinations- und Individualitätsproblem. Von Prof. Dr. H. Spemann, Freiburg i. Br. S. 581.

Besprechungen:

Ernst, A., Bastardierung als Ursache der Apogamie. Von E. G. Pringsheim, Halle. S. 591.

Wilhelmi, J., Die angewandte Zoologie als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und

kultureller Faktor. Von B. Harms, Berlin. S. 592.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Mittel zur Prüfung von Brillengläsern und von optischen Systemen. Geographie des persischen Golfes und seiner Randgebiete. Elektronendampfprobleme. Wie Outokumpu, Finnlands neue Kupfererzlagerrstätte, entdeckt wurde. S. 593—596.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

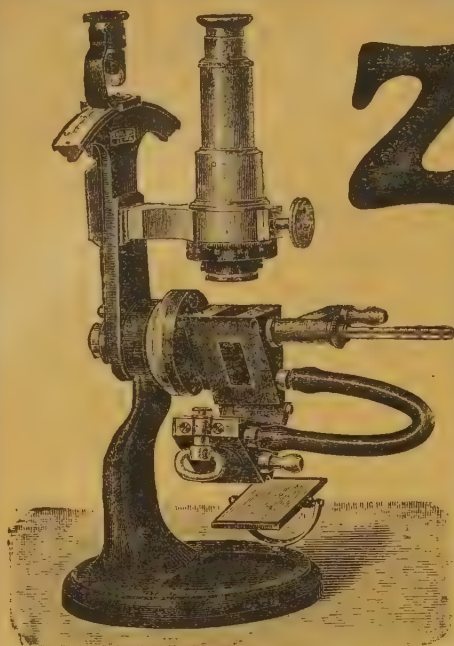
Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

**Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren**

**Mikrophotographische und
Projektionsapparate**

**Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.**



Zeiss
Abbe-Refraktometer
 mit heizbaren Prismen
 zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe - Refraktometer
 Butter - Refraktometer
 Eintauch - Refraktometer
 Zucker - Refraktometer
 Pulfrich - Refraktometer
 Kristall - Refraktometer
 Differenz - Refraktometer
 Milchfett - Refraktometer

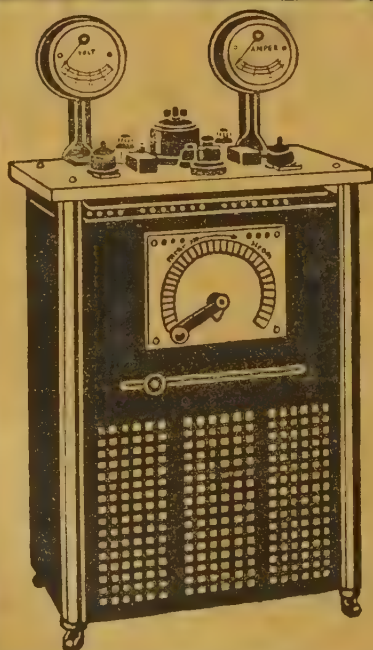
BERLIN
 HAMBURG



WIEN
 BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Siemens & Halske A.-G.
Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



Fahrbare
Experimentier-
Tische

Experimentelle Forschungen zum Determinations- und Individualitätsproblem.

Von Prof. Dr. H. Spemann, Freiburg i. B.

Antrittsvorlesung, gehalten in Freiburg am 17. Juli 1919. Die mitgeteilten Versuche wurden im Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Dahlem während der Kriegsjahre 1916—1918 ausgeführt.

Ableitung des Determinationsproblems. Wenn man an einem sich entwickelnden Keim einen bestimmten Bezirk von beliebiger Lage ins Auge faßt und in seinen fortschreitenden Veränderungen verfolgt, so findet man, daß er zu einem bestimmten Teil des fertigen Organismus wird, und zwar bei typischem Ablauf der Entwicklung immer zu einem und demselben Teil. An einem Amphibienkeim z. B., der im Beginn der Urdarmbildung, der Gastrulation, steht, wird ein Stück des Ektoderms in mäßiger Entfernung über

Entwicklung von denen seiner Umgebung trennen, noch nicht erreicht sein; dann ist jener Bezirk noch „relativ indifferent“. Will man Näheres über das Wesen der Determination erfahren und sie womöglich in die Gewalt bekommen, so muß man zunächst den Zeitpunkt feststellen, in welchem sie eintritt. Dazu dienten bis jetzt vor allem die Erscheinungen der *Regulation*.

Bei zahlreichen Tieren entstehen nämlich normal proportionierte Larven nicht nur aus den ganzen Eiern und jungen Keimen, sondern auch aus Bruchstücken derselben. Jedoch muß die Zerstückelung der Keime vor einem bestimmten kritischen Entwicklungsstadium vorgenommen werden; geschieht sie erst nach demselben, so entwickeln sich Bruchstücke von Larven. Das wurde zuerst von H. Driesch an Seeigeleiern festgestellt und in seiner theoretischen Tragweite erkannt; es gilt in gleicher Weise für die Eier und jungen Keime vieler anderer Tiere, z. B. auch

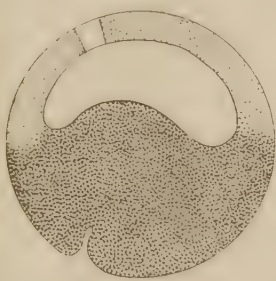


Fig. 1.

Fig. 1. Amphibienkeim zu Beginn der Gastrulation, schematischer Medianschnitt; ein Stück Ektoderm in einiger Entfernung über dem Urmund hell bezeichnet.

Fig. 2. Derselbe Keim später, nach Schluß der Gastrulation, schematischer Medianschnitt; das helle Stück Ektoderm liegt am vorderen Ende der Medullarplatte; es war also „präsumptives Gehirn“.

dem Urmund im Lauf der normalen Entwicklung zu einem bestimmten Bezirk der Medullarplatte und später zu einem bestimmten Abschnitt des Gehirns; ein Stück desselben Ektoderms in größerer Entfernung vom Urmund zu einem bestimmten Stück der Epidermis. Man kann daher diese Bezirke des Ektoderms als *präsumptives Gehirn*, *präsumptive Epidermis* bezeichnen.

Ein solcher Keimbezirk kann nun den Weg zu seinem speziellen Entwicklungsziel schon mehr oder weniger unwiderruflich eingeschlagen haben; dann ist er von seiner Umgebung verschieden geworden und zu seinem späteren Schicksal mehr oder weniger fest „determiniert“. Oder aber kann der Punkt, wo sich die Wege seiner

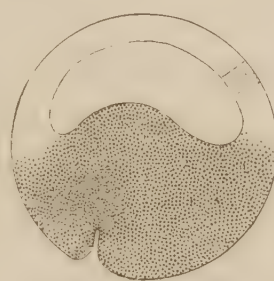


Fig. 3.

Fig. 3. Amphibienkeim zu Beginn der Gastrulation, schematischer Medianschnitt; ein Stück Ektoderm etwa gegenüber dem Urmund dunkel bezeichnet.

Fig. 4. Derselbe Keim später, nach Schluß der Gastrulation, schematischer Medianschnitt; das dunkle Stück Ektoderm liegt in der Epidermis, vor dem queren Hirnwulst; es war also „präsumptive Epidermis“.

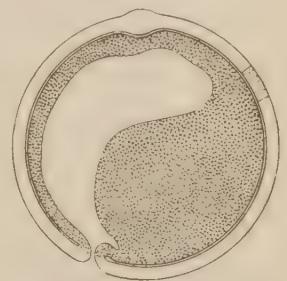


Fig. 4.

der Amphibien. Vor dem kritischen Stadium ist also eine Regulation noch möglich, nach demselben nicht mehr; und da zum Wesen der Regulation gerade das gehört, daß die einzelnen Teile des Keims sich in anderer Richtung weiter entwickeln als normal, so wird man auch sagen können: *vor dem kritischen Stadium sind die einzelnen Teile des Keims noch relativ indifferent; nach jenem Stadium sind sie das: nicht mehr, sie sind fest determiniert.*

Will man daher dieses kritische Entwicklungsstadium für die Amphibieneier feststellen, so muß man sie auf ihre Regulationsfähigkeit hin prüfen, und auf die Abnahme dieser Fähigkeit im

Laufe der Entwicklung; man muß untersuchen, bis zu welchem Entwicklungsstadium bei ihnen aus Bruchstücken des Keims noch ganze, wohl proportionierte Larven entstehen, in welchem Stadium ein Defekt sich zeigt, in welchem reine Bruchstückentwicklung stattfindet. Das Experiment gibt darüber folgenden Aufschluß.

Wenn man Eier von Triton taeniatus, dem gewöhnlichen Molch, im Anfang der Entwicklung, im Zwei- oder Vierzellenstadium, median durchschnürt, so entwickeln sich aus den beiden Spalthälften wohl proportionierte Zwillinge (Fig. 5);



Fig. 5. Zwillinge innerhalb der Eikapsel, aus einem median durchschnürten Ei entstanden.

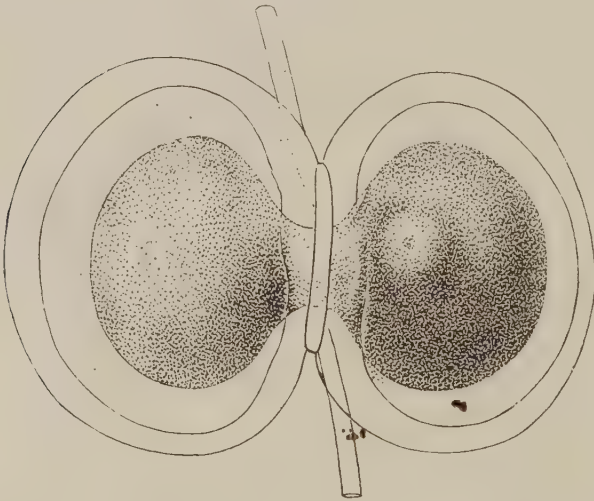


Fig. 6. Ei des gewöhnlichen Molchs (Triton taeniatus) einige Zeit nach der Befruchtung innerhalb seiner Eikapsel mit einer Haarschlinge stark eingeschnürt.

schnürt man nur mehr oder weniger stark ein, so entstehen Larven mit mehr oder weniger weitgehender Verdoppelung des Vorderendes. Dasselbe geschieht nach medianer Ein- oder Durchschnürung der Morula, ja selbst der Blastula. Auch in letzterem Falle kann die Regulation noch vollkommen sein, jedoch auch schon mangelhaft; die Zwillinge bzw. die beiden Vorderenden sind nicht selten auf den einander zugekehrten Seiten mehr oder weniger defekt. Stets ist das der Fall, wenn im Augenblick der Durchtrennung die Gastrulation schon begonnen hat; und wenn sie vollendet ist, so ist die Regulationsfähigkeit geschwunden. Der von der Gastrulation eingenommene Zeit-

raum ist also offenbar jene kritische Periode, während welcher die wichtigsten Organanlagen des Körpers fest determiniert werden.

Wenn nun am Anfang dieser Periode Regulation noch möglich ist, wenn also dann die Zellen des Keims sich innerhalb gewisser Grenzen noch gegenseitig vertreten können, so müßte es auch möglich sein, die relativ indifferenten Teile des einen durch die des anderen zu *ersetzen*, indem man sie *wirklich austauscht*. Und in der Tat ist das möglich; das Experiment läßt sich ausführen und hat den zu erwartenden Erfolg.

Austausch relativ indifferenten Materiales. Die Operationstechnik habe ich anderen Orts (1918)



Fig. 7. Larve von Triton taeniatus, von der Bauchseite gesehen; Verdopplung des Vorderendes infolge von medianer Einschnürung des Eies.

ausführlich beschrieben. Nachdem die Keime aus ihren Hüllen befreit sind, werden die zu prüfenden Gewebstückchen mit feinen Glasinstrumenten ausgeschnitten, vertauscht und wieder eingesetzt. Sie heilen rasch und so vollkommen ein, daß sie bald nicht mehr von ihrer Umgebung zu unterscheiden sind, wenn man nicht Keime von möglichst verschiedener Färbung zu dem Austausch benützt hat; glücklicherweise variieren die Eier in dieser Hinsicht sehr stark.

Der Austausch wird nun zunächst zu Beginn der Gastrulation vorgenommen, und zwar zwischen Ektoderm in mäßiger Entfernung über dem

Urmund und solichem von der entgegengesetzten Seite (vergl. Fig. 1 und 3); also, wie wir oben gesehen haben, zwischen präsumptiver Medullarplatte und präsumptiver Epidermis (vergl. Fig. 2 und 4). Wenn dann die Gastrulation abgelaufen und die Medullarplatte sichtbar geworden ist, zeigt sich an dem einen Keim, etwa dem dunkleren, vorn in der Medullarplatte ein scharf begrenztes helles Stück, an dem anderen Keim, dem helleren, ein dunkles ventral in der Epidermis. Jedes der beiden Stücke dient zugleich als Marke für den Ort der Herkunft des anderen; das helle Stück, welches in dem dunkleren Keim zu Medullarplatte und später zu Gehirn wird,

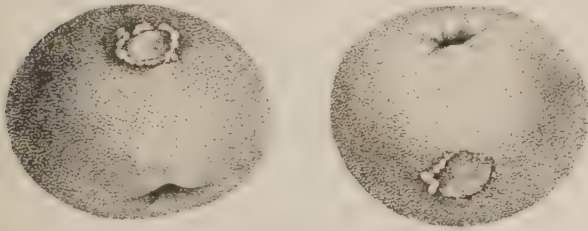


Fig. 8 und 9. Zwei Keime von *Triton taeniatum* zu Beginn der Gastrulation, in der Symmetrieebene gesehen, Fig. 9 gegen Fig. 8 nach oben gedreht. Kleine Stücke Ektoderm, präsumptive Medullarplatte und präsumptive Epidermis, zwischen beiden Keimen ausgetauscht.

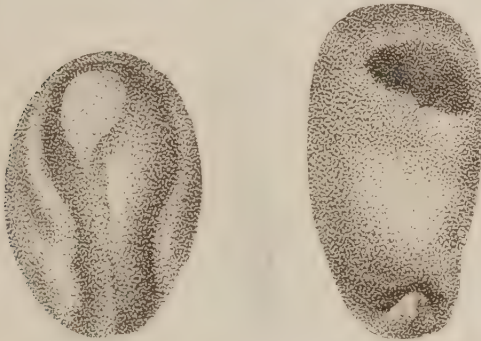


Fig. 10 und 11. Zwei solche Keime mit ausgetauschtem Ektoderm später, im Neurulastadium; der eine zeigt vorne in der Medullarplatte ein helles Stück präsumptiver Epidermis, der andere vorne in der Epidermis ein dunkles Stück präsumptiver Medullarplatte; beide entwickeln sich ortsgemäß weiter, die präsumptive Epidermis zu Medullarplatte, die präsumptive Medullarplatte zu Epidermis.

hätte eigentlich in dem hellen Keim zu Epidermis werden sollen; und ebenso war das dunkle Stück, welches in dem hellen Keim zu Epidermis wird, eigentlich zu Medullarplatte des dunklen Keims bestimmt.

Das ektodermale Material ist also zu Beginn der Gastrulation noch relativ indifferent, es hat noch die Wahl zwischen der Bildung von Medullarplatte und Epidermis; sein wirkliches Schicksal wird durch irgend einen örtlichen Einfluß bestimmt.

Austausch determinierten Materiales. Ganz anders ist das Ergebnis desselben Versuchs,

wenn er in späterem Stadium ausgeführt wird, nach Ablauf der Gastrulation und Sichtbarwerden der Medullarplatte. Ein Stück präsumptiver Epidermis, in den Bereich der Medullarplatte eingesetzt, wird auch am neuen Ort zu Epidermis; ein Stück Medullarplatte, in den

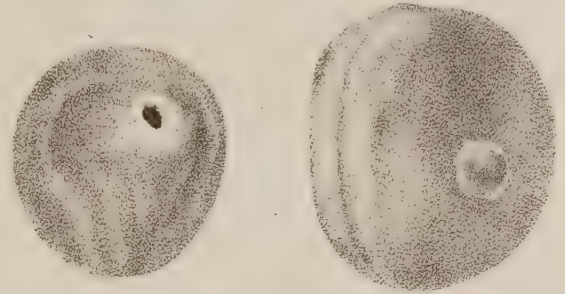


Fig. 12 und 13. Keime der Unke (*Bombinator pachypus*) im Neurulastadium; rechts vorne aus der Medullarplatte ein kleines Stück präsumptives Hirn und Auge entnommen (Fig. 12) und einem anderen gleich alten Keim in die Haut der rechten Seite gepflanzt (Fig. 13).

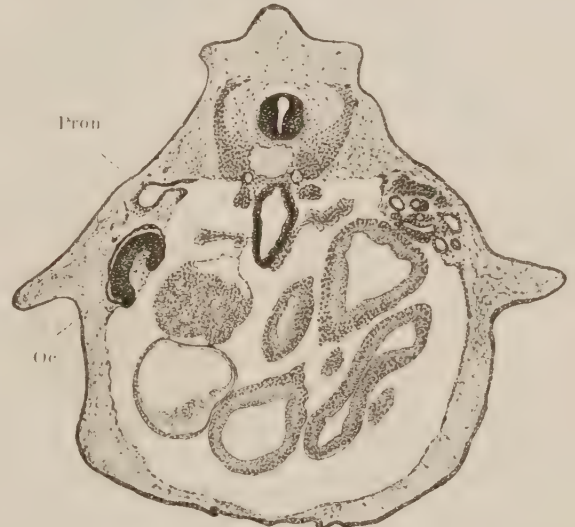


Fig. 14. Querschnitt durch Kaulquappe, die aus Keim der Fig. 13 entstanden ist. In der Höhe der Vorniere (Pron) liegt in der Leibeswand ein Augenbecher mit Retina und Tapetum nigrum, die Pupille ohne Linse der Leibeshöhle zugekehrt; es ist nebst einem Stück Hirn aus dem verpflanzten Stück Medullarplatte entstanden.

Bereich der Epidermis verpflanzt, entwickelt sich auch dort zu Gehirn. Und wie bei der normalen Entwicklung wird in einem bestimmten Stadium die ursprüngliche Verbindung zwischen Gehirn und Epidermis gelöst; die zuerst glatt eingeheilte Epidermis wird aus dem Gehirn ausgestoßen; die Medullarplatte in der Epidermis wird nachträglich überwachsen und in die Tiefe versenkt. Dort entwickelt sie sich wochenlang weiter, zu dem Teil des Gehirns, welchem das verpflanzte Stück entspricht, also z. B. zu einem Stück Vorderhirn und Augenbecher.

Das Material für Hirn und Epidermis ist

also in diesem späteren Entwicklungsstadium nicht mehr indifferent, sondern zu seinem späteren Schicksal determiniert und zu selbständiger Weiterentwicklung (Selbstdifferenzierung) befähigt.

In diesem Ergebnis liegt zunächst nichts, was nach den bekannten Transplantationsversuchen von *Born* einerseits und den Regulationsversuchen andererseits überraschend wäre. Jene Transplantationsversuche von *Born* lehrten, daß sich Bruchstücke junger Keime in weitgehendem Maße zu neuen, lebensfähigen Einheiten zusammensetzen lassen; die Regulationsversuche zeigten, daß der Keim ein Stadium durchläuft, wo seine einzelnen Bezirke sich innerhalb gewisser Grenzen vertreten können; das Neue ist die Verbindung beider Tatsachen zu einem neuen Experiment. Aber mit diesem wesentlich technischen Fortschritt eröffnet sich nun auf einmal eine Fülle neuer Möglichkeiten.

Vor allem ist es jetzt möglich, die Probestücke an den verschiedensten Stellen zu entnehmen und dadurch die Grenzen der Bezirke genauer festzustellen, welche in irgend einem Entwicklungs-



Fig. 15 und 16. Nahe über dem Urmund (näher als beim Keim der Fig. 8) ein Stück herausgenommen und einem anderen gleich alten Keim in die Gegend der späteren Epidermis verpflanzt. Dort entwickelt es sich neben dem normalen (Med) zu einem kleinen überzähligen Medullarrohr (Med).

stadium noch so gleichartig sind, daß sie sich gegenseitig vertreten können. Diese Prüfung hat schon zu einem sehr bemerkenswerten Ergebnis geführt.

Räumliches Fortschreiten der Determination. Organisationszentrum. Wir haben gesehen, daß zu Beginn der Gastrulation ein Stück Ektoderm in einer gewissen Entfernung über dem Urmund noch so weit indifferent ist, daß es sowohl zu Medullarplatte als auch zu Epidermis werden kann, je nach dem Ort, an den es verpflanzt wird, und dem Einfluß der Umgebung, unter den es dadurch gerät. Entnimmt man nun aber dem Keim im selben frühen Entwicklungsstadium ein Probestück ganz nahe über dem Urmund und verpflanzt es ins Ektoderm eines anderen Keims, in den Bereich von dessen späterer Epidermis, so wird es nicht auch zu Epidermis, sondern zu Medullarplatte. Es entwickelt sich also nicht ortsgemäß, sondern herkunftsgemäß weiter. Demnach scheint

ein solches Probestück nah über dem Urmund schon weiter in der Entwicklung fortgeschritten, schon fester determiniert zu sein, als in größerer Entfernung vom Urmund; oder mit anderen Worten, die Determination scheint vom Urmund aus nach vorn fortzuschreiten. In welcher Weise das geschieht, läßt sich allerdings noch nicht mit Sicherheit sagen. Die beiden Experimente, Transplantation eines dicht über dem Urmund und eines weiter vorn gelegenen Stücks Ektoderm, unterscheiden sich nämlich voneinander nicht nur durch die Lage des Probestücks, sondern auch dadurch, daß das vordere Stück immer nur aus reinem Ektoderm besteht, während dieses nahe über dem Urmund mit den darunter gelegenen

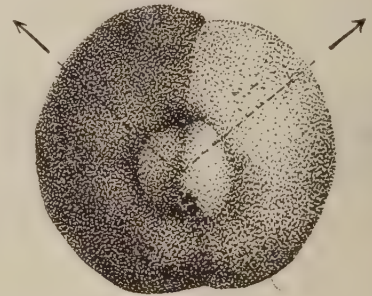


Fig. 17. Zwei Keime von *Triton taeniatus* zu Beginn der Gastrulation so zerschnitten und die Stücke so zusammengefügt, daß ihre Medianebenen nach vorne divergieren.



Fig. 18. Die daraus entstandene Larve mit Verdoppelung des Vorderendes (Duplicitas anterior).

Zellschichten des mittleren und inneren Keimblatts so fest zusammenhängt, daß es bisher nicht möglich gewesen ist, sie mit Sicherheit zu trennen und reines Ektoderm zu verpflanzen. Es könnten auch diese tieferen Zellschichten sein, welche das Ektoderm veranlassen oder befähigen, die normale Entwicklungsrichtung einzuschlagen oder beizubehalten. Der Fortschritt der Determination könnte also entweder rein im Ektoderm erfolgen, indem die schon determinierten Zellen die jeweils vor ihnen gelegenen im selben Sinne bestimmen; oder aber diese fortschreitende Determination könnte durch die tiefen Zellschichten des mittleren und inneren Keimblatts vermittelt sein, welche sich bei der Gastrulation unter dem Ektoderm nach vorne schieben. In beiden Fällen aber hätten wir es mit dem Wachstum einer Anlage

zu tun, welches nicht durch Vermehrung und Wachstum der Zellelemente dieser Anlage zustande käme (expansives Wachstum), sondern durch Angliederung neuer, bisher indifferenten Elemente (appositionelles Wachstum).

Zusammenwirken zweier Organisationszentren. Die Determination geht also von einem Differenzierungs- oder Organisationszentrum aus und ergreift fortschreitend Teile, welche vorher noch indifferent waren. Wenn es nun möglich wäre, Keime mit zwei Differenzierungszentren herzustellen, so wäre zu erwarten, daß Doppelmisbildungen von verschiedenen Typen entstehen, je nach der Stellung, welche die Zentren zueinander einnehmen und folglich der Richtung, in welcher die „Differenzierungsströme“ aufeinander tref-

fen. Weichen die Medianebenen der Differenzierungszentren nach vorn auseinander, so müßten Tiere mit einer Verdoppelung des Vorderendes entstehen (*Duplicitas anterior*); laufen sie nach vorn zusammen, solche mit einer Verdoppelung des Hinterendes (*Duplicitas posterior*); bilden die Medianebenen einen gestreckten Winkel miteinander, so daß die Differenzierungsströme gerade



Fig. 19. *Duplicitas anterior* vom Kalb (aus Schwalbe).



Fig. 22. Die daraus entstandene Larve mit Verdoppelung des Hinterendes (*Duplicitas posterior*).

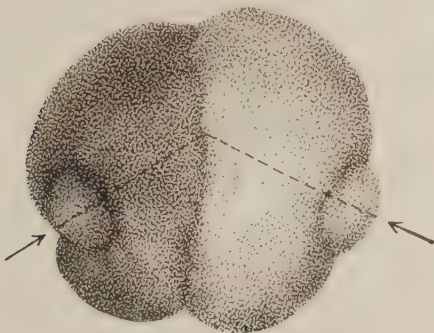


Fig. 20. Zwei Keime von *Triton taeniatus* zu Beginn der Gastrulation so zerschnitten und die Stücke so zusammengefügt, daß ihre Medianebenen nach vorne konvergieren.

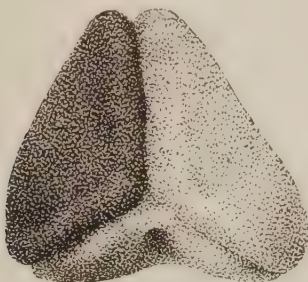


Fig. 21. Derselbe Keim später, beim Schluß der Medullarwülste.

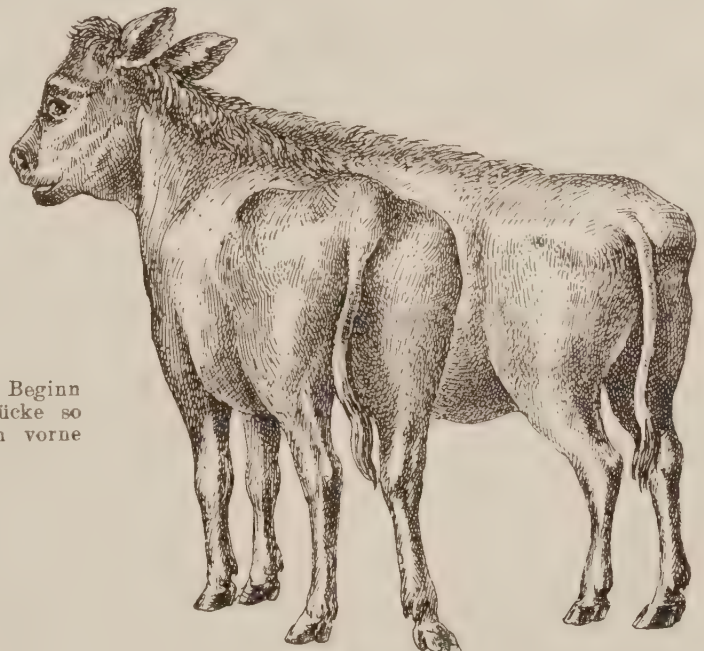


Fig. 23. *Duplicitas posterior* vom Kalb (aus Schwalbe).

aufeinander prallen, so müßte Spaltung und Verschmelzung der Vorderenden übers Kreuz erfolgen, welche zu jenen merkwürdigen Mißbildungen führen, die man als *Duplicitas cruciata*

zusammenfassen könnte (Cephalothoracopagus—Ischiopagus der deskriptiven Terminologie).

Und in der Tat lassen sich alle diese Bildungen, welche der Teratologie seit langer Zeit bekannt sind, in großer Vollkommenheit herstellen, indem man Tritonkeime zu Beginn der Gastrulation in geeigneter Richtung zerschneidet und paarweise zusammenfügt. Im einzelnen wird das ohne weiteres aus den Abbildungen verständlich werden, welche die Doppelkeime kurz nach der Vereinigung ihrer Bestandteile und dann in ihrer weiteren Entwicklung zeigen. Es sei noch bemerkt, daß die Entwicklung dieser Doppelbildungen ganz den Vorstellungen entspricht, welche sich moderne Teratologen, wie *Marchand* und *Schwalbe*, über die Entstehung der betreffenden

obere Urmundlippen, die mit ihrem durchschnittenen medianen Ende an solche Teile der angeheilten Keimhälfte stoßen, die normalerweise nicht die obere, sondern ungefähr die untere Urmund-



Fig. 24. Zwei Keime von *Triton taeniatus* zu Beginn der Gastrulation so zerschnitten und die Stücke so zusammengefügt, daß ihre Medianebenen unter gestrecktem Winkel aufeinander treffen.



Fig. 25. Daraus entstandener Doppelkeim im Neuralstadium, mit Spaltung und Verschmelzung der Vorderenden übers Kreuz (*Duplicitas cruciata*).

in der Natur gefundenen Monstrositäten gebildet haben; die Übereinstimmung besteht natürlich erst von dem Zeitpunkt an, wo die zwei Differenzierungszentren in dem einen Keim vereinigt sind; die Vermehrung dieser Zentren selbst wird wesentlich anders zustandekommen.

Zusammensetzung seitlicher Hälften. Während diese letzten Experimente sich darauf gründen, daß die Determination normalerweise im Keim von hinten nach vorn fortschreitet, lassen sich andere davon ableiten, daß sich die Determination unter besonderen Umständen auch nach der Seite hin ausbreiten kann. Dieses letztere läßt sich auf folgende einfache Weise zeigen. Zwei Keime werden zu Beginn der Gastrulation genau median gespalten und die Hälften so ausgetauscht, daß die beiden rechten und die beiden linken zusammenkommen. Jeder der beiden Verbandkeime enthält dann zwei halbe

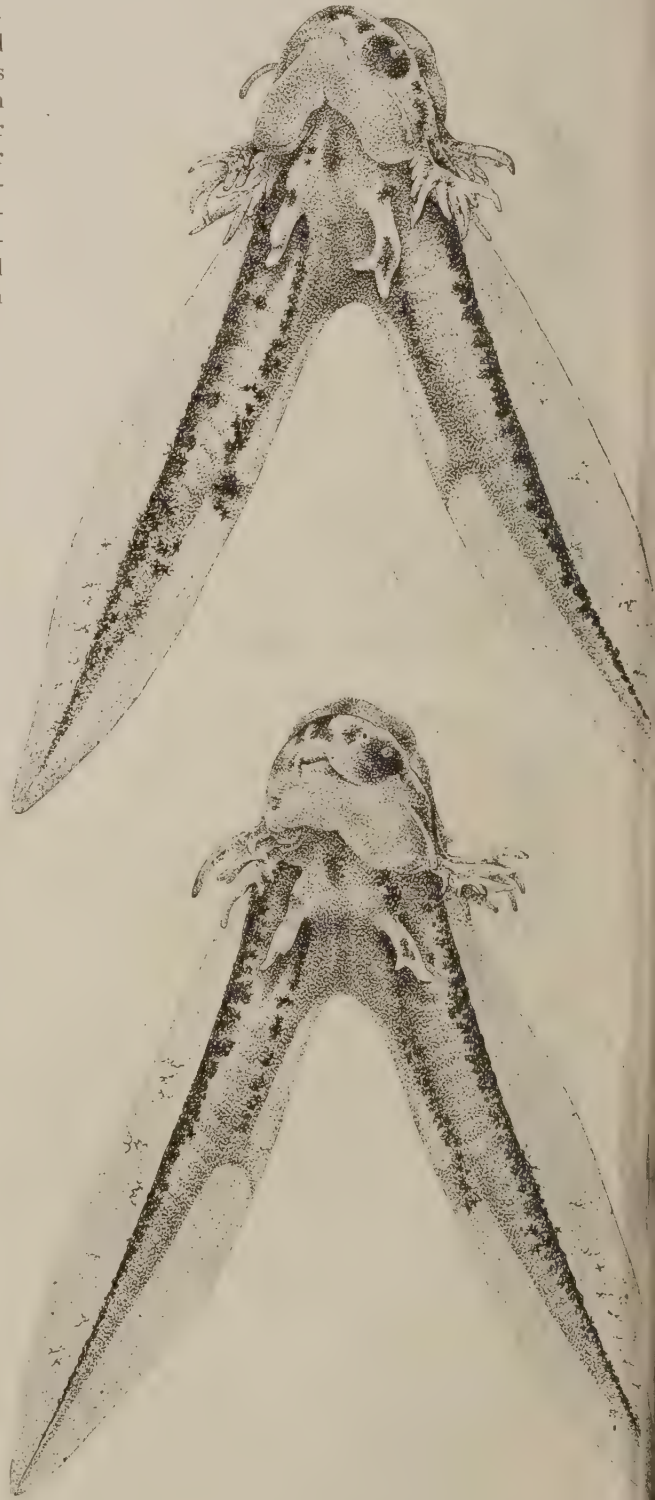


Fig. 26 und 27. Ebenso erzeugte *Duplicitas cruciata* (Cephalothoracopagus) von *Triton taeniatus* in späterem Stadium, von den beiden Seiten gesehen.

lippe bilden würden. Auf diese Hälfte greift nun die obere Urmundlippe über, und nachdem sie sich aus ihr ergänzt hat, geht die Entwicklung weiter wie normal; d. h. es entsteht über jedem Urmund eine Medullarplatte (an jedem Keim also deren zwei), welche zur einen Hälfte aus dem normalen Zellmaterial gebildet ist, zur anderen

Gastrulation median gespalten und dann die Hälften nach Vertauschung der einen zur Verteilung gebracht. Natürlich nimmt man die Durchtrennung möglichst genau median vor; aber auch bei ziemlich verschiedener Größe der Spalthälften findet ein Ausgleich zwischen ihnen statt, derart, daß je ein ganz wohl proportionierter Keim entsteht, dem man seine Zusammensetzung nur dann ansieht, wenn die Keimhälften von verschiedener Farbe waren. Diese Verbandkeime entwickeln sich ganz normal, überstehen die Metamorphose, und es ist nicht zu bezweifeln, daß sie sich bis zur Erreichung der Geschlechtsreife aufziehen lassen. Es wird von hohem Interesse sein, festzustellen, wie sich ihre beiden Seiten hinsichtlich ihres Geschlechtes und der sekundären Sexualcharaktere verhalten.



Fig. 28 und 29. Cephalothoracopagus vom Menschen, von den beiden Seiten gesehen (aus Schwalbe).

Hälfte dagegen aus ganz anderem Zellmaterial, welches normalerweise zu Epidermis der Bauchseite geworden wäre.

Daraus leitet sich nun ein naheliegendes Experiment ab, welches aber bisher unausführbar schien, die Zusammensetzung eines Keims aus zwei seitlichen Hälften verschiedener Herkunft. Wieder werden zwei Keime zu Beginn der

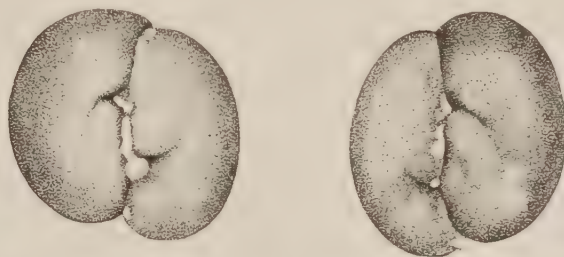


Fig. 30. Zwei Keime von Triton taeniatum zu Beginn der Gastrulation, genau median gespalten und die Hälften so vertauscht und wieder zusammengeheilt, daß zwei linke und zwei rechte zusammenkommen.

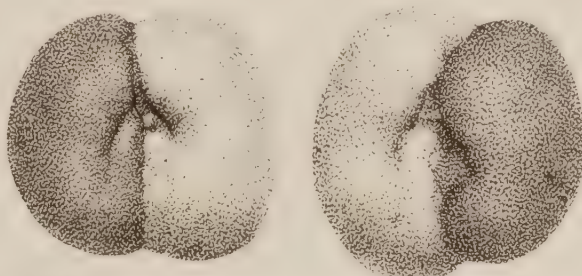


Fig. 31. Zwei Keime von Triton taeniatum zu Beginn der Gastrulation, genau median gespalten und die Hälften der einen Seite ausgetauscht; es gehörten also ursprünglich die beiden äußeren (dunkleren) und die beiden inneren (helleren) Hälften zusammen.

Überblicken wir kurz die bisherigen Feststellungen. Zu Beginn der Gastrulation ist reines Ektoderm in einer gewissen Entfernung über dem Urmund noch so indifferent, daß es zwischen der Entwicklung zu Medullarplatte und Epidermis die Wahl hat; einige Zeit nach Abschluß der Gastrulation hört diese Indifferenz auf, das Zellmaterial ist fest zur einen oder anderen Gewebsart determiniert. Dieser Zustand wird von dem Material dicht über dem Urmund schon früher, schon zu Beginn der Gastrulation, erreicht, wobei es zunächst unentschieden bleiben muß, ob das Ektoderm selbst schon determiniert ist oder ob es die tiefen Zellen des Mesoderms und Entoderms sind. Von diesem Differenzierungszentrum aus schreitet die Determination nach vorn fort,

entweder im Ektoderm selbst oder durch Vermittlung des sich unterlagernden Meso-Entoderms. Ebenso kann sich die Determination unter besonderen Umständen nach den Seiten hin ausbreiten. Daher lassen sich durch Vereinigung zweier Differenzierungszentren von verschiedener Richtung in einem Keim typische Doppelmißbildungen verschiedener Art erzeugen, welche aus der menschlichen und tierischen Teratologie bekannt sind; durch Vereinigung zweier gleich gerichteter, annähernd halber Zentren normale Tiere, deren seitliche Hälften von verschiedenen Elternpaaren abstammen.

Bei allen diesen Versuchen waren die beiden Keime in jeder Hinsicht, abgesehen von der verschiedenen Farbe, möglichst gleich gewählt worden, gleich an Alter, gleich an Art. Eine neue Reihe von Experimenten ging nun darauf aus, festzustellen, ob und wie weit die vereinigten Keimteile voneinander verschieden sein dürfen, ohne daß dadurch die Wechselwirkungen zwischen ihnen unmöglich gemacht werden.

Zusammensetzung von Keimen verschiedenen Alters. Zunächst zeigte sich, daß das Alter der vereinigten Stücke nicht genau das gleiche zu sein braucht. Man kann z. B. den Austausch zwischen präsumptiver Medullarplatte und präsumptiver Epidermis bei zwei Keimen vornehmen, von denen sich der eine am Anfang, der andere am Ende der Gastrulation befindet, mit dem Ergebnis, daß die verpflanzten Stücke sich wie nach Austausch zwischen zwei gleich alten Keimen ortsgemäß weiter entwickeln. Dabei behalten sie aber ihr verschiedenes Alter bei. Man findet daher etwa im älteren Keim ein Stück Gehirn, welches weniger weit entwickelt ist als seine Umgebung — es hätte im jüngeren Keim zu Epidermis werden sollen; man findet im jüngeren Keim ein Stück Epidermis, welches weiter entwickelt ist als seine Umgebung — es hätte im älteren Keim zu Gehirn werden sollen. Beide Stücke lassen sich infolge ihres verschiedenen Entwicklungsgrades noch spät als ursprünglich ortsfremde Bestandteile erkennen. In dem Augenblick, wo das jüngere Stück den Einfluß seiner Umgebung erfährt, ist es eigentlich noch zu jung, um ihn aufzunehmen und zu beantworten. Es muß also entweder imstande sein, das etwas früher zu tun als normal, oder aber der Einfluß muß so lange anhalten, bis das Stück mit seiner Entwicklung nachgekommen ist; entsprechendes gilt für das ältere Stück innerhalb der jüngeren Umgebung. In beiden Fällen ist das ursächliche Ineingreifen der einzelnen Entwicklungsprozesse kein ganz starres, sondern arbeitet mit einem gewissen zeitlichen Spielraum, wie Zahnräder, deren Zähne und Lücken nicht ganz scharf ineinander passen. Es wird sehr interessant sein, die Grenzen dieses Spielraums genauer festzustellen.

Zusammensetzung von Keimen verschiedener Art. Wichtiger aber erscheint das Folgende. Statt zwischen Keimen derselben Art kann man den

Materialaustausch auch zwischen solchen verschiedener Art vornehmen; die verpflanzten Stücke heilen ein, verbleiben im neuen Zusammenhang und sind imstande, auf den Einfluß ihrer Umgebung ortsgemäß zu antworten. Der Austausch müßte zwischen allen möglichen verschiedenen Arten versucht werden; gelungen ist er bisher zwischen Triton taeniatus und cristatus, mit demselben Erfolg wie zwischen Keimen von Triton taeniatus allein. Ein Stück präsumptiver



Fig. 32 Keim von Triton taeniatus, Fig. 33 Keim von Triton cristatus, beide zu Beginn der Gastrulation. Zwischen ihnen ein Stück Ektoderm ausgetauscht, von Triton taeniatus präsumptive Medullarplatte, von Triton cristatus präsumptive Epidermis.



Fig. 34. Keim von Triton taeniatus der Fig. 32, im Neurulastadium; links vorne in der weit offenen Medullarplatte das im Gastrulastadium eingepflanzte Stück präsumptiver Epidermis von Triton cristatus.

Medullarplatte wird zu Epidermis, wenn es zu Beginn der Gastrulation in den Bereich der späteren Epidermis verpflanzt wird, ein Stück präsumptiver Epidermis in Medullarplatte zu Medullarplatte. Dabei behält aber jedes Stück die besonderen Charaktere seiner Art bei; taeniatus-Ektoderm wird zu taeniatus-Epidermis

oder zu taeniatus-Gehirn, cristatus-Ektoderm zu cristatus-Epidermis oder zu cristatus-Gehirn. *Das allgemeine Schicksal der verpflanzten Zellen wird also ortsgemäß bestimmt, ihre besonderen Charaktere entwickeln sich herkunftsgemäß.*

Damit scheint mir ein Punkt erreicht, von dem sich eine Aussicht auf neue Reihen von Experimenten eröffnet. Auf einige davon will ich kurz hinweisen.



Fig. 35. Querschnitt durch den Kopf desselben Keims von Triton taeniatus; das eingepflanzte Stück präsumptiver Epidermis von Triton cristatus hat sich in taeniatus zu einem Stück cristatus-Hirn entwickelt. dessen Grenzen bei ++ scharf zu erkennen sind.



Fig. 36. Keim von Triton cristatus der Fig. 33; auf der rechten Seite des Körpers ein scharf begrenztes Stück Epidermis von Triton taeniatus, welches sich aus der eingepflanzten präsumptiven Medullarplatte entwickelt hat.

Verwendung als Marken. Da die eingepflanzten Stücke einerseits die Entwicklung ihrer neuen Umgebung mitmachen, als gehörten sie von Anfang an dahin, andererseits aber sich deutlich und dauernd von ihr abheben, durch ihre andere Färbung und ihren abweichenden histologischen Charakter, so können sie als Marken dienen, um das spätere Schicksal, die prospektive Bedeutung bestimmter Teile des jungen Keims zu erkennen. Man kann also z. B. feststellen, auf welchen Bezirk der Gastrula ein bestimmter Bezirk vorne in der Medullarplatte zurückzuführen ist; man kann zeigen, daß dieser Bezirk während der durchmessenen Spanne der Entwicklung in allen Richtungen gleichmäßig

wächst, denn das eingesetzte runde Stück behält seine runde Form bei; etwas weiter hinten aber kann man eine Zone stärkeren Längenwachstums nachweisen, indem sich das eingesetzte runde Stück zu einem langen schmalen Streifen auszieht. Für diese Feststellungen genügen schon Keime derselben Art, wenn sie nur in ihrer Färbung genügend voneinander abweichen. Will man das Schicksal bestimmter Keimteile, die ins Innere verlagert werden, feststellen, oder will man es bis in spätere Stadien hinein verfolgen, wo die Farbenunterschiede sich verwischen, so muß man die Probestücke von dem Keim einer anderen Art nehmen. Eine Reihe schwebender Fragen der beschreibenden Entwicklungsgeschichte läßt sich auf diese Weise einer exakten Lösung näherführen.

Zusammensetzung von Organen aus Bestandteilen mit verschiedenem Formbildungsstreben. Die glatte Einfügung in den allgemeinen Rahmen der Entwicklung einerseits und das Festhalten an der für die Art charakteristischen

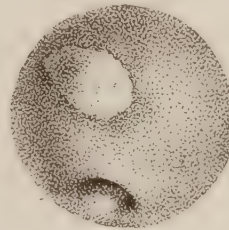


Fig. 37.



Fig. 38.

Fig. 37. Keim von Triton taeniatus zu Beginn der Gastrulation; in mäßiger Entfernung über dem Urmund ein Stück Ektoderm eines gleich alten helleren Keims als Marke eingesetzt.

Fig. 38. Derselbe Keim in Neurulastadium; das rundliche Stück zu einem schmalen Längsstreifen ausgewachsen.

Entwicklungsweise andererseits kann nun aber auch dazu benutzt werden, kleinere oder größere Regionen des Körpers aus Anlagen zusammenzusetzen, denen ein verschiedenes Formbildungsstreben innewohnt. So muß es z. B. möglich sein, das taeniatus-Ektoderm in eine cristatus-Gastrula gerade so einzufügen, daß die daraus sich entwickelnde Epidermis über die Gliedmaßenknospe zu liegen kommt, und dabei muß ein Beinchen entstehen, welches Knochen, Muskulatur, Nerven, Bindegewebe, kurz alle inneren Teile von cristatus hat, aber mit der Epidermis von taeniatus überzogen ist. Und nun wird es sich fragen: bildet diese Epidermis nur den indifferent mitwachsenden, gewissermaßen passiv ausgestülpten Überzug des Beinchens, oder hat sie ihr eigenes Wachstumsstreben? Da die Beinchen namentlich in ihrem Endabschnitt bei taeniatus und cristatus sehr verschieden gestaltet sind — die Finger sind bei cristatus viel länger und schlanker als bei taeniatus —, so müßte auch das Wachstumsstreben der Epidermis bei beiden sehr verschieden sein, und das könnte in der äußeren

Form der Beinchen zur Geltung kommen. Beinchen derartiger Zusammensetzung habe ich bei meinen bisherigen Versuchen nicht erzielt, wohl aber Kiemenstummel; ihre Form war deutlich durch die Eigenart der Epidermis beeinflusst.

Man verbindet also Anlagen von verschiedenem Formbildungsstreben zu gemeinsamer Entwicklung und schließt aus dem Gang, den diese nimmt, auf die formbildende Bedeutung der einzelnen Teile, eine Methode, die reiche Ergebnisse verspricht.

Zusammensetzung von Organen aus Bestandteilen von verschiedener Funktion. Wenn sich nun der experimentell zusammengesetzte Keim so weit entwickelt hat, daß seine Organe zu funktionieren anfangen, dann muß eine neue Reihe von Erscheinungen eintreten. Denn so gut die histologische Eigenart der zusammengefügteten Teilstücke bewahrt wird, unbeschadet ihrer allgemeinen Entwicklungsrichtung, ebenso gut werden sie auch an ihrer funktionellen Eigenart festhalten. Und nun gilt es wieder, Konflikte zu erregen und aus der Natur der sich einstellenden Kompromisse auf die Art und Bedeutung der in Konflikt geratenen Faktoren zu schließen. Ein absichtlich übertriebenes Beispiel möge das erläutern.

Man könnte versuchen, zwei Tierarten zu vereinigen, welche sich in irgend einer zusammengesetzten Funktion so deutlich unterscheiden, wie etwa der Frosch und der Molch in der Art ihrer Fortbewegung es tun, und könnte dann eines der Organe, welche an dieser Funktion beteiligt sind, zwischen den Tieren austauschen; also in diesem Fall ein Tier zusammensetzen, dessen Gehirn auf das Hüpfen, dessen übriger Körper auf das Kriechen eingerichtet ist. Die Schwierigkeit bei dieser Art von Experimenten wird darin liegen, Fälle zu finden, wo die Verschiedenheit der Funktion, die nicht zu klein sein darf, nicht mit solchen Verschiedenheiten des Stoffwechsels verknüpft ist, daß das Zusammenleben der künstlich verbundenen Teile dadurch vereitelt wird. Das als Beispiel erdachte Experiment wird daher schwerlich ausführbar sein; es sollte nur zeigen, in welcher Richtung die neuen Aufschlüsse zu suchen sind. Daß hier Erfolge erhofft werden können, möge ein letztes Experiment zeigen.

Wie oben mitgeteilt, kann man die seitlichen Hälften von zwei verschiedenen Gastrulen zu einem neuen Keim zusammensetzen, der sich monatelang normal weiter entwickelt, die Metamorphose übersteht und aller Wahrscheinlichkeit nach bis zur Geschlechtsreife aufgezogen werden kann. Ich habe mehrere derartige, einige Zentimeter lange Tiere in Pflege (März 1919); ihrem Aussehen nach könnten es gerade so gut normale Tiere sein. Nun läßt sich aber dieses selbe Experiment statt zwischen zwei Gastrulahälften von *Triton taeniatus* auch zwischen einer solchen von *Triton taeniatus* und einer anderen des Bastards *Triton*

taeniatus ♀ × *Triton cristatus* ♂ ausführen. Beide Formen unterscheiden sich in zahlreichen Punkten. Beim Bastard ist die Kopfseite stärker vorgewölbt; die Zehen sind beträchtlich länger; die Beine werden im Larvenstadium ganz anders gehalten; die Zeichnung des Körpers ist verschieden; die Wüchsigkeit ist stärker. Ungeachtet dieser Verschiedenheiten, deren ein genaueres Studium sicher noch viele andere hinzufügen würde¹⁾, sind die seitlich zusammengesetzten Larven lebensfähig und lassen sich trotz größerer Sterblichkeit bis über die Metamorphose bringen. Ich bilde



Fig. 39. Kleiner Triton nach der Metamorphose, links *Triton taeniatus*, rechts *Triton taeniatus* ♀ × *Triton cristatus* ♂; entstanden durch Zusammensetzung der entsprechenden Gastrulahälften.

ein solches Tier ab. Im Längenwachstum hat ein völliger Ausgleich zwischen beiden Hälften stattgefunden, nachdem die jüngeren Larven häufig auf der *taeniatus*-Seite etwas eingekrümmt waren; ebenso scheint die Zeichnung beider Körperseiten dieselbe zu sein; zwei interessante Tatsachen, die noch der genaueren Untersuchung bedürfen. In der Form des Kopfes und der Beine dagegen sind beide Hälften typisch verschieden, die linke Hälfte ganz *taeniatus*, die rechte ganz Bastard. Be-

¹⁾ Dieses Studium dürfte sich noch aus anderem Grunde lohnen. Man kann Tritoneier kurz nach der Befruchtung zerschneiden und dann nicht nur die eine Hälfte zur Entwicklung bringen, welche den Eikern nebst einem Spermakern enthält, sondern auch die andere, eikernlose, falls sie mit einem überzähligen Spermakern ausgestattet ist. Dieses selbe Experiment habe ich nun seit einigen Jahren auch mit bastardierten Eiern angestellt, von dem Wunsch geleitet, das berühmte Experiment *Boveris* an einem vielleicht günstigeren Objekt nachzuahmen. Die Versuche sind noch im Gang.

sonders auffallend war die verschiedene Haltung der Beine, ganz derjenigen der beiden Tierarten entsprechend. Trotzdem lebte dieses Tier als eine morphologische und physiologische Einheit, als ein Individuum.

Tierische und pflanzliche Chimären. Man kann solche aus zwei Tierarten zusammengesetzte Individuen nach jenem Fabeltier der griechischen Mythologie „Chimären“, und zwar „tierische Chimären“ nennen. Diese scheinbar überflüssige nähere Bezeichnung muß man hinzufügen, weil es schon „pflanzliche Chimären“ gibt. Mit diesem Namen hat bekanntlich *Hans Winkler* Pflanzen belegt, die von ihm zum erstenmal experimentell erzeugt und theoretisch ausgebeutet wurden. Ihre Herstellung freilich ist insofern eine andere, als nicht die embryonalen Anlagen zweier verschiedener Pflanzenarten, etwa ihre Vegetationspunkte, vereinigt werden, sondern die fertig ausgebildeten Gewebe. Dadurch entsteht zunächst nur eine gewöhnliche Pfropfsymbiose; erst an ihr wird die Chimäre hervorgerufen, indem an der Vereinigungsstelle zwischen Pfropfreis und Unterlage die Bildung von Adventivsprossen angeregt wird. Hier wachsen darn günstigstenfalls die wieder embryonal gewordenen Gewebe beider Pflanzenarten gemeinsam aus und bilden zusammen ein Ganzes, eine ganze Pflanze, oder später einen Teil einer solchen, z. B. ein Blatt. Der einzelnen Zelle wird also auch hier die Richtung ihrer Differenzierung durch ihre Lage im Ganzen angewiesen; die besondere Art ihrer Differenzierung hängt von ihren Anlagen ab.

Die pflanzlichen Chimären haben vor den tierischen das voraus, daß sie durch Stecklinge vermehrt und dadurch wahrscheinlich unbegrenzt lange erhalten werden können. Demgegenüber haben die tierischen Chimären den Vorzug, daß ihre Zusammensetzung genauer vorherbestimmt werden kann, da die *embryonalen Gewebe selbst willkürlich* zusammengesetzt werden.

Unter den mitgeteilten Tatsachen ist von einem allgemeineren Gesichtspunkt aus die erstaunlichste wohl die, daß überhaupt Individuen aus Stücken zusammengesetzt werden können. Ganz neu ist auch das nicht. *H. Driesch* hat Seeigelkeime in frühem Stadium zur Verschmelzung gebracht, in der ausgesprochenen Absicht, zwei Individualitäten zu einer einzigen zu verbinden. *R. G. Harrison* hat im Anschluß an *G. Born* die vordere und hintere Hälfte der etwas älteren Keime zweier Froscharten zusammengesetzt und eine solche Verbandslarve bis über die Metamorphose hinaus aufgezogen. Beiden Experimenten gegenüber behalten die vorstehend geschilderten die Bedeutung, daß sie das Problem der Individualität, dieses Urproblem nicht der Biologie allein, vielleicht noch eindrucksvoller aufwerfen, vor allem aber eine Aussicht eröffnen, ihm von einer neuen Seite her einen Schritt näher zu kommen.

Zu Beginn der Gastrulation wird die Individualität des Keims, könnte man sagen, repräsentiert durch die Zellen der oberen Urmundlippe, welche ein Organisationszentrum darstellen, von dem aus die übrigen wichtigsten Teile des Körpers gebildet werden, und zwar wenigstens die Medullarplatte durch Angliederung von Zellen, welche ein relativ noch indifferentes Material sind; denn sie können nicht nur durch solche von anderer Herkunft ersetzt werden, sondern auch durch solche von verschiedenem Alter, ja sogar von einer anderen Tierart. Das Organisationszentrum selbst ist unersetzlich; wenn man es ganz entfernt, treten nicht etwa andere, vorher relativ indifferente Zellen an seine Stelle. Dagegen kann ein halbiertes Zentrum sich aus seitlich angrenzendem relativ indifferentem Material ergänzen. Ebenso können zwei Organisationszentren zu einem einzigen, einheitlichen Zentrum verschmelzen, wenn sie zur Verwachsung gebracht werden. Beinahe selbstverständlich ist das dann, wenn die ganzen Keime und mit ihnen die Zentren median gespalten und wieder vereinigt wurden; es tritt aber innerhalb gewisser Grenzen auch dann ein, wenn bei gleich gerichteten Medianebenen etwas mehr oder etwas weniger als die Hälfte der Zentren zur Vereinigung kam, ja selbst eine leichte Divergenz der Medianebenen scheint überwunden zu werden. Bei größerer Divergenz aber geht die Organisation des Keims von dem einheitlich werdenden Teile aus in verschiedener Richtung nach vorn, es entsteht eine Larve mit einer Verdoppelung des Vorderendes; und bei völliger Trennung der Zentren organisiert jedes für sich aus dem relativ indifferenten Material des Verwachsungskeimes ein Individuum, wobei dann dasselbe Material von beiden Zentren aus mit Beschlag belegt werden kann; so entstehen jene Doppelindividuen, welche einen oder gar zwei Köpfe gemeinsam haben.

So läßt sich in mannigfaltigen Abwandlungen verfolgen, wie aus den mit den Arteigenschaften begabten, relativ indifferenten Zellindividuen von einem Zentrum aus das Individuum höherer Ordnung organisiert wird, wie in diesem Zentrum leichte Störungen der Einheitlichkeit überwunden werden, schwerere Störungen aber zu Bildungen führen, die zwar auch streng gesetzmäßig und in sich lebensfähig sind, die aber unter den gegebenen Verhältnissen der Außenwelt nicht bestehen können.

Besprechungen.

Ernst, A., Bastardierung als Ursache der Apogamie im Pflanzenreich. Eine Hypothese zur experimentellen Vererbungs- und Abstammungslehre. Jena, G. Fischer, 1918. XIV, 665 S., 172 Textabbild. und 2 Tafeln. Preis geh. M. 36,—.

Des Verfassers weitausschauende und mit reichlichem Material gestützte Theorie geht aus von Untersuchungen an der parthenogenetischen *Chara crinita*, welche an den meisten Standorten nur in oogonien-

bildenden Individuen vorkommt, die sich parthenogenetisch fortpflanzen. Die Oosporen führen dieselbe Chromosomenzahl wie die vegetativen Zellen. Bei der Keimung bleibt die Reduktionsteilung aus. An einigen Orten in Ungarn und Italien sind jedoch auch männliche Exemplare neben weiblichen gefunden worden, die ihrerseits an diesen Stellen nach der Größe der Oogonien in zwei Gruppen zerfallen. Durch Einzelkultur weiblicher Pflanzen von Budapester Material konnte gezeigt werden, daß die größeren Oogonien tragenden Exemplare ohne Befruchtung braun werdende und bis zur Keimfähigkeit reife Sporen bilden, während die an den anderen sitzenden kleineren Oogonien unentwickelt abfallen, falls nicht eine männliche Pflanze oder spermatazoidhaltiges Wasser zugesetzt wird. Die beiden weiblichen Formen zeigten auch im Habitus gewisse Unterschiede, etwa so wie polyploide Gigasformen sich von den normalen Pflanzen unterscheiden. Dem entspricht die Chromosomenzahl 12 bei den befruchtungsbedürftigen weiblichen und den männlichen Individuen gegenüber 24 bei den parthenogenetischen. Der scharfe Unterschied zwischen diploiden parthenogenetischen Individuen ohne Reduktionsteilung und haploiden geschlechtlichen mit Reduktionsteilung macht eine allmähliche Entstehung der ungeschlechtlichen Form unwahrscheinlich. Der Verfasser stellt nun die Hypothese auf, daß Befruchtung mit Spermatozoen von anderen Arten mit der gleichen Chromosomenzahl zu einem metromorphen Bastard geführt habe, dessen Zygote bei der Keimung keine Reduktionsteilung durchmache. Dadurch sei die diploide, parthenogenetische Form entstanden, die durch ein kräftiges Wachstum ausgezeichnet sei und so reichlich fruktifiziere, daß sie die diözische, also von einer unsicheren Befruchtung abhängige Form habe verdrängen bzw. sich ein weiteres Wohngebiet als diese habe erobern können.

Der Verfasser definiert Parthenogenesis als apomiktische Entwicklung von Gameten sexuell differenzierter Organismen. Da bei *Chara crinita* aber die Keimbildung obligat apomiktisch ist und von diploiden Zellen ausgeht, spricht er hier von ovogener Apogamie.

Der weitere Inhalt des Buches ist dem Nachweis gewidmet, daß auf Bastardierung beruhender Geschlechtsverlust im weitesten Umfang im Pflanzenreich verbreitet ist, angefangen von Algen und Pilzen über die Pteridophyten bis zu den Angiospermen. Besonders bei den Blütenpflanzen ergibt ein Vergleich der Fortpflanzungsverhältnisse bei apogamen und hybriden Formen manche Übereinstimmung, z. B. in der Pollenbildung und Embryosackentwicklung, d. h. es treten in beiden Fällen Störungen auf, die teilweise ähnlich aussehen. Eine weitere Parallele besteht darin, daß eine Erhöhung der Chromosomenzahl sowohl bei Apogamen wie bei Artbastarden vorkommt. Etwa die Hälfte aller apogamen Angiospermen zeigt in den vegetativen Teilen sowohl wie in der ohne Reduktionsteilung gebildeten Eizelle die diploide Chromosomenzahl, die übrigen die tetraploide oder seltener andere Zahlenverhältnisse. Bei den Artbastarden findet man meistens die Summe der Haploidzahlen der beiden Eltern in den somatischen Zellen. In einigen Fällen wird die tetraploide Anzahl gefunden.

Auch die Erscheinungen der Parthenokarpie, Nuclearembryonie, der ausschließlich vegetativen Vermehrung bei Pflanzen, die die geschlechtliche Fortpflanzung eingebüßt haben, sucht der Verfasser seiner Hypothese dienstbar zu machen, indem er überall die

Wahrscheinlichkeit von Kreuzungen und das Fehlschlagen der Fortpflanzungszellen nach der Literatur schildert. Dieser Teil ist reichlich breit geworden, enthält aber viel Interessantes, was sonst nicht so zugänglich wäre. Schließlich werden andere Ursachen verminderter Fruchtbarkeit geschildert, wie Verbildungen der Blütenteile, Veränderungen in den Kernverhältnissen, Verschiebungen des Standortes, Einfluß von Schmarotzern, die aber alle keine erbliche Sterilität bewirken.

Als Folgerung aus all den Vergleichen geht nach dem Verfasser die Wahrscheinlichkeit hervor, daß Bastardierung bei der Entstehung der heutigen Pflanzenwelt eine viel größere Rolle gespielt habe, als man bisher annahm. Vielgestaltige Formenkreise, zu denen auch die *Chara crinita* gehört, seien wohl allgemein durch Bastardierung entstanden und vielfach durch irgendeine Form apomiktischer Vermehrung erhalten worden. So könnten z. B. möglicherweise auch *Rosens* experimentell erzeugte Kleinarten von *Erophila* von diploiden Eizellen abstammen, die durch die Bestäubung zur Entwicklung angeregt werden, wie das sonst beobachtet wurde. Aber auch echt sexuell fruchtbare, scheinbar reine Arten können nach unseren heutigen Erfahrungen durch Kreuzung entstehen, so daß Kerners Anschauungen wieder zu Ehren kommen.

Es gelingt dem Verfasser zweifellos, durch Heranziehung aller nur irgendwie verwendbaren Literaturstellen und Widerlegung von möglichen Einwänden, seine Hypothese wahrscheinlich zu machen und so früher ganz unzusammenhängende Erscheinungen auf eine einheitliche Ursache zurückzuführen. Dabei darf aber nicht vergessen werden, daß die Erzeugung einer durch Kreuzung apogam gewordenen Pflanze, die die wichtigste tatsächliche Unterlage gäbe, noch aussteht. Das ganze Werk des Verfassers wird aber als Arbeitshypothese sicher äußerst anregend wirken.

E. G. Pringsheim, Halle.

Wilhelmi, J., Die angewandte Zoologie als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und kultureller Faktor. Berlin, Julius Springer, 1919. 88 S. Preis M. 5,—.

Unter den angewandten Wissenschaften ist der praktischen Zoologie bisher wenig Beachtung geschenkt worden, und doch ist ihre Bedeutung eine recht erhebliche. Man führe sich nur einmal ihre verschiedenen Arbeitsgebiete vor Augen, die medizinische Zoologie, das Fischereiwesen, die Hydrozoologie, die landwirtschaftliche und Forstzoologie, das zoologische Moment in Tiersport und Tierschutz, die Kynologie, Brieftaubenzucht, Aquarien- und Terrarienkunde, Jagd, ferner die Schausammlungszoologie und der tierkundliche Unterricht in der Schule, die teilweise gerade im Kriege eine große praktische Bedeutung erlangt haben. Über alle diese Gebiete Klarheit zu geben, das Ineinandergreifen der einzelnen Fächer und den Zusammenhang mit der theoretischen Zoologie darzustellen, ist die Aufgabe des vorliegenden Buches.

Wilhelmi hat mit großem Fleiß sich der Arbeit unterzogen, und wenn, was bei der ungeheuren Fülle des Stoffes entschuldbar ist, das Werk in mancher Beziehung einzelne Unrichtigkeiten und Lücken aufweist, so wird dadurch dem Wert des Buches kaum Abbruch getan. Besonders wertvoll erscheint es mir für die Studierenden der Zoologie, die sich einer praktischen Tätigkeit zuwenden wollen; für sie ist es ein Wegweiser zu den einzelnen Spezialgebieten; an einem

Verzeichnis der deutschen Institute, in denen haupt- oder nebenamtlich angewandt-zoologisch gearbeitet wird, können sie die Aussichten späterer Arbeitsmöglichkeit ermessen.

Wilhelmi teilt den ganzen Stoff in drei große Gruppen ein: 1. die Wirtschaftliche Zoologie, 2. die Medizinische Zoologie, 3. die Kulturelle Zoologie, eine Verteilung, die nicht immer eingehalten werden kann, da diese Zweige in vielen Punkten ineinander übergreifen, doch ist ein zwangsmäßiges Einordnen durchaus vonnöten, da sonst über die große Fülle des Materials Klarheit nicht gewonnen werden kann.

Was die erste Gruppe anbelangt, so scheidet in ihr *Wilhelmi* die Wasserwirtschaftliche Zoologie von der Landwirtschaftlichen Zoologie. Zu jener gehört als wichtigstes Gebiet das Fischereiwesen, ferner die biologische Beurteilung der Wasserbeschaffenheit, die Erforschung der parasitären Fischkrankheiten und der Domestikationskrankheiten, die Erforschung aller Nutz- und Nahrungstiere des Wassers (Krebstucht, Perlfischerei, Miesmuschel- und Austerngewinnung), schließlich das Studium der Schädlinge der nicht zoologischen Landwirtschaft (Bohrmuschel, Schiffsbohrwurm). Die Landwirtschaftliche Zoologie umfaßt die Bearbeitung der Zucht und ernährungswirtschaftlichen Nutzung der Haustiere, die Bienenzucht, die Erforschung und Bekämpfung der Forstschädlinge, sodann die Bestrebungen des Naturschutzes und das Jagdwesen. Die Hauptgebiete der Medizinischen Zoologie sind: 1. Biologie und Nutzung der für die Therapie des Menschen und der Warmblüter wichtigen Tiere (Beziehung zur wirtschaftlichen Zoologie: industrielle Nutzung von Tieren und Tierbestandteilen, 2. Rolle der Fäzes und Kadaver in der Hygiene, einschließlich der Trinkwasserhygiene, 3. Rolle des Tieres als Nahrung des Menschen und der Warmblüter in ernährungsphysiologischer und -hygienischer Hinsicht, 4. Rolle der Tiere als aktive Krankheitserreger oder -übertrager, 5. Bekämpfung der Tiere, die dem Menschen und den Warmblütern (freilebend oder als Parasiten) gesundheitsschädlich sind. Unter der Gruppe der Kulturellen Zoologie faßt *Wilhelmi* zusammen die populär-wissenschaftliche und Schulzoologie, das zoologische Schaustellungswesen, die praktische Liebhaberzoologie und das zoologische Kunstgewerbe.

Ein näheres Eingehen auf die einzelnen Kapitel verbietet der beschränkte Raum; sie bieten eine Fülle interessanter Tatsachen dar und zeugen von reicher Arbeit. Doch kann man sich vielfach des Eindrucks der Weitschweifigkeit in der Darstellung nicht erwehren, wie auch eine größere Objektivität *Wilhelmi* besonders bei der Behandlung der Medizinischen Zoologie und des Literaturverzeichnisses am Schluß des Buches zu wünschen wäre. Es mutet eigenartig an, wenn aus eigenen Arbeiten lange Auszüge gegeben werden, während andere, hervorragende Autoren nur kurz erwähnt werden. Das Literaturverzeichnis darf, zumal es die fremdsprachlichen Arbeiten ganz außer acht läßt, mit Ausnahme der Veröffentlichungen von *Wilhelmi* selbst, keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

Zustimmen kann man den Worten, mit denen *Wilhelmi* die Bedeutung der Angewandten Zoologie hinsichtlich ihrer Leistungen und Aufgaben kennzeichnet: „Sie verschafft uns — einerseits für die zweckmäßige Nutzung der dem Menschen wirtschaftlich oder therapeutisch wertvollen Tiere, andererseits für die Erkenntnis und Bekämpfung der dem Menschen wirtschaftlich oder gesundheitlich schädlichen Tiere —

wissenschaftliche Grundlagen der Art, daß diese nicht lediglich der ergiebigsten Ausnutzung der Tierwelt zur wirtschaftlichen und gesundheitlichen Förderung der Volkswohlfahrt dienen, sondern auch durch die Würdigung des Tieres als Glied der Gesamtnatur in ethischer und ästhetischer Hinsicht befriedigen und die Volksbildung fördern. Sie stellt somit einen wichtigen wirtschaftlichen, medizinisch-hygienischen und kulturellen Faktor im menschlichen Leben dar. Soll die angewandte Zoologie in diesem Sinne Ersprießliches leisten, so bedarf sie einerseits in Anlehnung an die theoretische Zoologie der Zentralisation ihrer Einzelgebiete zu einem einheitlichen Lehrfach, andererseits in Anlehnung an die Wirtschaftspraxis bzw. an die medizinischen Grenzgebiete, denen sie dient, unter Zentralisation zu begründender Institute für ihre einzelnen Forschungsgebiete“. Besonders die Forderung nach Einführung der angewandten Zoologie als ein einheitliches Lehrfach an Universitäten kann man nur unterstützen; geht sie allmählich in Erfüllung, und bleibt, wie es jetzt der Fall ist, das Ordinariat für angewandte Zoologie in München nicht das einzige seiner Art in Deutschland, so wird die angewandte Zoologie ähnlich wie in Amerika den Aufschwung nehmen, der ihr in wissenschaftlicher und praktischer Hinsicht durchaus zukommt. *B. Harms, Berlin.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Mittel zur Prüfung von Brillengläsern und von optischen Systemen im allgemeinen. (*M. Tscherning, Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Matematisk-fysike Meddelelser I, 9; mit 7 Textfiguren. Sonderdruck, 20 Seiten. Kopenhagen, A. Fr. Holst & Sohn, 1918.*) In den einleitenden Bemerkungen zu seinem im wesentlichen Bekanntes wiedergebenden Aufsatz weist *Tscherning* zunächst darauf hin, daß sich die Benutzung meniskenförmiger Brillengläser wegen der damit verbundenen Vorteile immer mehr verbreitet. Er bespricht zunächst die bekannten Ungenauigkeiten, die sich ergeben, falls man die gleiche Stärke (Brechkraft) zweier Brillengläser, von denen das eine sammelnd, das andere zerstreuend ist, dadurch prüft, daß man beobachtet, ob sich das Bild eines durch diese Linsenverbindung betrachteten fernen Gegenstandes bei seitlicher Bewegung der Verbindung verschiebt oder nicht. Die Ungenauigkeit rührt, wie bekannt, davon her, daß der zweite Hauptpunkt des ersten Brillenglases im allgemeinen einen endlichen Abstand von dem ersten Hauptpunkte des zweiten Brillenglases hat. Auf diese Art geprüfte Brillengläser haben also nicht gleiche Stärke, sondern bilden ein schwach vergrößerndes oder verkleinerndes holländisches Fernrohr. Es mag hier noch hinzugefügt werden, daß nur bei einer Verschiebung dieser Linsenfolge das Bild ruhig stehen bleibt, nicht bei einer Drehung. (Die linke Seite der Gleichung Seite 5 ist durch einen Druckfehler entstellt; es muß $\frac{1}{F}$ heißen.)

Dem vom Verfasser geäußerten Vorschlage (S. 6), die Menisken zu bezeichnen nach dem reziproken Werte des Abstandes zwischen bildseitigem Brennpunkte und bildseitigem Brillenglasscheitel kann man so freudiger zustimmen, als dies bei großen deutschen Firmen ohnedies geschieht, da es ja für den Benutzer darauf ankommt, daß die Verbindung Brillenglas + Auge

ein deutliches Bild liefert (also auf den Bildort und die Bildgüte, im allgemeinen nicht auf die Bildgröße).

Verfasser gibt dann einige Vorrichtungen an, mittels deren man a) die Brennweite, b) den Krümmungsradius jeder Linsenfläche, c) das Brechungsverhältnis, d) das Gesichtsfeld, den Astigmatismus und die Orthoskopie messen bzw. prüfen kann.

a) Die Messung der Brennweite beruht darauf, daß man zwischen eine aus Kollimator und Beobachtungsfernrohr bestehende Linsenordnung ein aus dem auszumessenden Brillenglas und einem als Okular dienenden Hilfsobjektiv zusammengesetztes Fernrohr einschaltet, das infolgedessen um so stärker vergrößert, je kleiner die Brechkraft des Brillenglases ist. In der bildseitigen Brennebene des Beobachtungsfernrohr-Objektivs ist durch zwei Teilstriche eine unveränderliche Bildgröße gegeben. Wie man ohne weiteres einsieht, ist die zugehörige, mittels eines Mikrometers zu messende Gegenstandsgröße der Brechkraft des zu untersuchenden Brillenglases proportional.

b) Der Krümmungsradius wird dadurch bestimmt, daß der Brennpunkt bestimmt wird für den Fall, daß mittels des Kollimators auf die zu untersuchende Linsenfläche ein Parallelstrahlenbüschel fällt; der durch Spiegelung an dieser Linsenfläche erzeugte Brennpunkt wird nach Spiegelung an der einen Fläche einer unter 45° geneigten dicken Planparallelplatte mittels des Einstellmikroskops (Hilfsobjektiv + Beobachtungsfernrohr) eingestellt; der Krümmungsradius ist gleich der doppelten Spiegelbrennweite.

Der Berichterstatter möchte noch darauf hinweisen, daß bekanntermaßen bei nicht sorgfältiger Einstellung des Kollimators, falls dessen Brennweite dem Absolutwerte nach kleiner ist als der halbe Krümmungsradius, der Einstellungsfehler des Kollimators für die Messung des Krümmungshalbmessers einen Fehler zur Folge hat, der mit dem Quadrate des Radius wächst. Ferner sei darauf hingewiesen, daß eine von *L. Laurent*, *Compt. Rend. Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* 100, S. 905 (Fig. 4), 1885 angegebene Methode für Konvexflächen wesentlich einfacher und genauer ist und daß die Tscherningsche Methode durch eine andere Anordnung des Hilfsobjektivs leicht in die Laurentsche Methode umgewandelt werden kann.

c) Die Bestimmung des Brechungsverhältnisses geschieht — wie hier hinzugefügt sei, mittels eines in seinen Grundzügen mindestens schon auf *David Brewster* und das Jahr 1813 zurückzuführenden — Verfahrens: Man beobachtet — bei monochromatischem Licht — am besten mittels eines vergrößernden Fernrohrs und des unter a) benutzten Kollimators —, ob die durch Eintauchen des Brillenglases in einem mit Flüssigkeit passender Lichtbrechung gefüllten planparallelen Trog entstehende Linsenfolge eine von Unendlich verschiedene Brennweite hat oder nicht. Im letzteren Falle ist das Brechungsverhältnis der Flüssigkeitsmischung für die betreffende Farbe gleich dem des Brillenglases und wird nachträglich mittels eines Refraktometers gemessen.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die genaue Kenntnis und die möglichste Unveränderlichkeit der Temperatur der Flüssigkeitsmischung anzustreben ist, da das Brechungsverhältnis der hier in Betracht kommenden Flüssigkeiten für 1° Temperaturerhöhung um ungefähr 0,0005 bis 0,0008 abnimmt, und daß im Gegensatz zur Angabe des Verfassers die Genauigkeit der Messung bei großer Brechkraft des Brillenglases am größten ist. Ferner ist es praktischer, statt der Verschiebung des Flüssigkeitstrogens eine Verschiebung

des Auges vorzunehmen und auf Parallaxenfreiheit zu prüfen.

d) *Tscherning* fügt bei der Versuchsanordnung nach a) in festem Abstände von dem zu untersuchenden Brillenglas eine Blende von 5 mm Durchmesser hinzu, die dem Orte des wahren Augendrehpunktes entspricht; ferner sind sowohl Kollimator als auch das Brillenglas samt Blende um eine die Blende enthaltende vertikale Achse um meßbare Winkel drehbar; damit wird die Verzeichnung gemessen und gleichzeitig bei Benutzung eines Strichkreuzes in der dingseitigen Brennebene des Kollimators aus der Verstellung des unter a) genannten Hilfsobjektivs die von dem festen Mittelpunkt der Blende (also vom Augendrehpunkt) aus gemessenen sagittalen und tangentialen Schnittweiten und damit der Astigmatismus bestimmt.

Leider hat *Tscherning* bei der Konstruktion dieses Apparates übersehen, daß sich der Kollimator nicht um den wirklichen Augendrehpunkt, sondern um den scheinbaren Augendrehpunkt (das von dem Brillenglas entworfene virtuelle Bild des Augendrehpunktes) drehen müßte, wobei sogar wegen der sphärischen Abweichung bei der Abbildung des festen Blendenmittelpunktes noch eine kleine Parallelverschiebung des Kollimators senkrecht zu seiner optischen Achse hinzukommen müßte. Man muß sich um so mehr darüber wundern, als *Tscherning* nach seinem 1899 erstatteten Berichte über die von ihm gemeinsam mit *Rosenfeld* unternommenen Versuche diesen Unterschied längst erkannt hat (*M. von Rohr*, *Zeitschr. f. Instrkte.* 31, 380—386, 1911, besonders 383—385; Über die Würdigung des Augendrehpunktes und seine Berücksichtigung in der konstruktiven Optik; ferner *M. von Rohr*, *Die Brille als optisches Instrument*, Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1911, Seite 148—149) und als in einem am 25. März 1913 veröffentlichten Gebrauchsmuster der Firma Carl Zeiß (D. R. G. M. 545 638/42 h, eingereicht 28. Februar 1913) der Unterschied zwischen wahren und scheinbarem Augendrehpunkt klar ausgesprochen und berücksichtigt ist. (Siehe *Zeitschr. f. ophthalmologische Optik* 2, Seite 85, 1914—15, und die Arbeit von *O. Henker*: „Der Punktuellitätsprüfer“ in *Zeitschr. f. ophthalm. Optik* 4, 172—183, 1916, besonders Abbildung 4, Seite 174.) Ferner gibt *Tscherning* fälschlich als Bedingung für die Orthoskopie (Verzeichnungsfreiheit) des Brillenglases die Proportionalität der Winkel im Ding- und Bildraum statt der richtigen Bedingung der Proportionalität der Tangenten dieser Winkel. Er müßte also entweder in Fig. 7, Seite 19, statt der von ihm als Gerade angegebenen

Normalkurve die durch die Gleichung $\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{v} \operatorname{tg} \alpha$ gegebene Kurve angeben oder er müßte in Fig. 7 als Abszisse $\operatorname{tg} \alpha$ und als Ordinate $\operatorname{tg} \beta$ wählen. Es ist auch sehr bedauerlich, daß *Tscherning* nicht außer den gemessenen Werten der Verzeichnung die aus der Rechnung für ein bikonvexes Brillenglas von +10 dptr. folgenden Werte der Verzeichnung zum Vergleich angibt. Der Berichterstatter möchte noch besonders darauf hinweisen, daß die von *Tscherning* auf Grund „der klinischen Tatsachen“ (Seite 13) erfolgte Beantwortung der Frage — ob Verzeichnungsfreiheit oder Beseitigung des Astigmatismus wichtiger ist —, daß die Beseitigung der Verzeichnung für den Benutzer wichtiger sei, doch mindestens strittig ist, wenn man nicht überhaupt sich auf den bis jetzt in der Brillenoptik allgemein angenommenen Standpunkt stellt, daß die Verzeichnung mehr als Schönheitsfehler zu be-

trachten ist und daß die Beseitigung des Astigmatismus und gleichzeitige Erzielung einer angenähert richtigen Krümmung der Schärflächen am wichtigsten ist. Überdies kann die Verzeichnung bei dünnen Brillengläsern, die von zwei Kugelflächen begrenzt sind, nicht beseitigt werden — wenn man von dem praktisch bedeutungslosen Falle der konzentrischen Menisken (gemeinsamer Mittelpunkt im Augendrehpunkt) absieht.

H. Erfle.

Geographie des persischen Golfes und seiner Randgebiete (G. Schott, Mitt. d. Geogr. Ges. in Hamburg Bd. XXXI, 1918). Unter die vielen Verluste, die uns der unglückliche Ausgang des Krieges gebracht hat, ist auch der Zusammenbruch unserer Orientpolitik zu buchen. Unsere Bestrebungen, die zwischen Afrika und der Masse des asiatischen Kontinentes belegenen vorderasiatischen Länder zu einem zusammenhängenden für alle Beteiligten fruchtbringenden Wirtschaftsgebiete auszugestalten, hatten durch den Bau der anatolischen Bahn, durch die Einrichtung einer regelmäßigen Dampfschiffahrt nach den Häfen des Persischen Golfes, durch die kulturelle Hebung jener Länder und durch die Behauptung und Ausbreitung des deutschen Handels ungeachtet aller englischen Feindseligkeiten verheißungsvolle Fortschritte gemacht. Nun ist das alles umsonst gewesen, Deutschland ist aus diesen von England als indische Außenprovinz betrachteten Gebieten genau so hinausgedrängt worden wie früher die Franzosen. Das darf uns aber nicht hindern, auch fernerhin diesem Länderraum dauernd unsere Aufmerksamkeit zu widmen, um bei dem zu erhoffenden Eintritt besserer Zeiten gerüstet zu sein.

Die Mitteilungen der Hamburger Geographischen Gesellschaft, die sich in den letzten Jahren wiederholt mit diesen im Brennpunkt der Weltpolitik stehenden Gebieten beschäftigt haben, bringen in dem soeben herausgegebenen XXXI. Bande eine Monographie des Golfes und seiner Randgebiete. Abgesehen von dem reichhaltigen landeskundlichen Materiale, welches in Text, Karten und Bildern vereinigt ist, und den politischen und wirtschaftlichen Darlegungen, erheischt die Arbeit auch ein allgemein naturwissenschaftliches Interesse, weil das Gebiet großzügig über die örtlichen Grenzen hinausgehend im Rahmen der Gesamterdoberfläche behandelt wird.

Die Hauptachse des Golfes ist eine geologisch-morphologische Grenze ersten Ranges. Hier kam der Schutz der tertiären eurasischen Gebirgsfalten gegen die alte afrikanisch-arabische Tafel- und Schollenmasse zum Stehen. Das seichte Senkungsfeld des Golfes (im Gegensatz zu den tiefen Einbruchsgräben des Roten Meeres und des Golfes von Oman) bildet die Hauptscheide innerhalb der Alten Welt. Dem Gegensatz im Großen entspricht ein solcher im Einzelnen und bewirkt, daß die persische Seite des Golfes von der arabischen mannigfach abweicht. Jene ist eine verkehrswidrige Längsküste vom pazifischen (oder dalmatinischen) Typus, diese eine neutrale Küste. Dort spiegelt der Golf in einer randständigen verhältnismäßig tiefen Rinne die persischen Gebirgsketten wider, während er auf der arabischen Seite dem niedrigen Ufer entsprechend seicht und voll von Bänken ist. Im Süden springt die arabische Halbinsel Musendim gegen die persische Küste vor und engt den Ausgang zur schmalen Straße von Ormus ein. Ihre Bergketten gehören zum persischen Faltensysteme; sie sind ein

asiatischer Fremdling im afrikanisch-arabischen Gebiete ähnlich dem an den Körper Afrikas angeschweißten Atlas. Halbinsel und Straße bilden eine zweite wichtige Grenze. In ozeanographischer Hinsicht scheiden sie das tiefe Becken des Golfes von Oman von der Flachsee des persischen Golfes, wobei die Straße von Ormus dieselbe Stellung einnimmt wie die von Otranto. Wichtiger aber ist die scheidende Rolle, die sie hinsichtlich des Klimas spielen. Der Golf von Oman hat mit einer jährlichen mittleren Wärmeschwankung von 10° und weniger ein ozeanisches Klima, während der persische Golf mit 15, 20 und mehr Grad ein kontinentales Klima aufweist. Hier fällt auch die größte Hitze wie in Indien in die Zeit des Monsunwechsels (Juni), dort wie im außertropischen Norden in den August. Über dem persischen Golfe herrschen während des ganzen Jahres trockene nordwestliche Winde, daneben im Winter südöstliche nach Südwesten drehende Winde mit nachfolgendem Regen, Verhältnisse, die denen des östlichen Mittelmeerbeckens entsprechen. Über dem Golfe von Oman aber wehen die Winde in halbjährigem Wechsel, im Winter nordöstliche bis nordwestliche, im Sommer südöstliche (abgelenkte südwestliche) und es sind zwei Regenzeiten deutlich ausgeprägt (Winter und Juni). Es herrscht also indischer Monsuntypus. Die Schranke der Musendimhalbinsel schützt den Golf auch vor den berüchtigten Zyklonen der indischen Gewässer, die in den Deltas des Hugli, Ganges und Brahmaputra katastrophale, menschenvernichtende Überschwemmungen hervorrufen. Vielleicht ist die biblische Sintflut die Folge eines solchen Wirbelsturmes, dem es ausnahmsweise einmal gelang, in die Straße von Ormus einzudringen und seine verheerenden Wirkungen in Niedermesopotamien zu entfalten. Der klimatische Gegensatz spiegelt sich getreulich in der Pflanzenwelt wieder: um den persischen Golf gedeiht vorwiegend die mediterran-nordafrikanische Dattelpalme, während die Vegetation des Omangolfes mit ihren Bananen- und Kokospflanzungen und mit ihren Mangrovesümpfen zur tropischen Pflanzenwelt Indiens hinüberleitet. Andere Gegensätze zwischen der persischen und der arabischen Seite des Golfes sind durch das Strompaar Euphrat und Tigris bedingt, deren Süßwassermenge nach Schotts Annahme unter der Wirkung der Erdrotation nach rechts drängt, eine gegen den Uhrzeiger verlaufende Wasserzirkulation innerhalb des Golfes, einen niedrigeren Salzgehalt und eine geringere Wasserwärme der arabischen Region nach sich zieht. Da die Flußtrübe des Schatt el Arab der arabischen Seite entlang verfrachtet wird, gedeihen die berühmten klaren Wasser voraussetzenden Perlen dieser Küste erst gegen den Ausgang des Golfes hin. Die Absätze der mesopotamischen Flüsse rücken mit einer Geschwindigkeit, die sich zwischen der größeren des Mississippi, des Po und der Rhone und der geringeren des Nil bewegt, die Nordküste buchteinwärts und haben — größtenteils in historischer Zeit — eine Fläche Neuland von der Größe Bayerns und Württembergs geschaffen.

B. Brandt.

Elektronendampfprobleme (W. Schottky, Phys. Zeitschr. 20, S. 49—51 und 220—228, 1919). Meine Bemerkungen zu dem Problem des Elektronendampfdruckes wurden veranlaßt durch einige Arbeiten von Herrn von Laue im Jahrbuch für Radioaktivität und Elektronik 1918, Physik. Zeitschr. und Annalen der Physik 1919 über dies Thema. Herr v. Laue war der Ansicht, daß die frühere Auffassung, welche die Elektronen, die

sich über einem glühenden Metall im Temperaturgleichgewicht mit diesem befinden, als ideales Gas ansieht, nicht richtig sei; er betrachtet vielmehr die Gesamtheit des über dem Metall befindlichen Elektronendampfes als neue, kompliziertere Einheit, deren thermodynamische Eigenschaften unter Berücksichtigung der Raumladungswirkungen, der elektrischen Feldenergie usw. untersucht werden müssen, und gelangt auf diese Weise mit Hilfe von Gleichgewichtsbetrachtungen nach dem Schema der Kapillarthorie zu einer bisher unbekannten Dichteformel für die Elektronen, auf Grund deren er die früher aufgestellten Elektronendampfdruckformeln ablehnt.

Ich wies nun zunächst nach, daß die neue Dampfdruckformel von Herrn v. Laue eine andere, und zwar eigentlich eine viel wichtigere Bedeutung hat, als es nach der von Laueschen Ableitung den Anschein hat. Es genügt nämlich eine kleine Umformung der Clausius-Clapeyronschen Gleichung unter Zuhilfenahme der Gasgleichungen, um zu derselben Formel zu gelangen. Diese Formel ist somit nicht auf die Elektronen beschränkt, sondern stellt eine neue bisher unbekannte, aber sehr allgemeine und brauchbare Form der Dampfdruckgleichung dar, die in allen Fällen zutrifft, wo der Dampf als ideales Gas zu betrachten ist. Es unterscheidet sich also die neue Elektronendampfdruckformel auch nicht von den früheren Elektronendampfdruckformeln, folglich müssen die früheren Betrachtungen und Ableitungen ebenso richtig sein wie die von Herrn v. Laue, der frühere Begriff des Elektronengases ist von neuem gerechtfertigt, und die ganze verhältnismäßig komplizierte Betrachtungsweise von Herrn v. Laue stellt sich als ein Umweg dar, von dem man in den dauernden Bestand der Wissenschaft nur das eine schöne Resultat, nämlich die Formel:

$$p = \text{konst.} \cdot T^{3/2} e^{-\mu/RT}$$

(p Dampfdruck, μ freie Energie der kondensierten Phase) zu übernehmen hat.

In meiner 2. Bemerkung weise ich auf die Bedeutung hin, die diese Formel besonders für eine statistische Berechnung des Dampfdruckes aus den elementaren Wirkungsgesetzen zwischen den Molekülen besitzt. Die Ausführung dieses Gedankens wird einer späteren Publikation vorbehalten. Untersucht wird nur noch die Tragweite des Laueschen Begriffs der Elektronenwolke und des früheren Begriffs des Elektronengases, und es wird durch direkte Betrachtungen nachgewiesen, was ja schon aus der Gleichheit der Resultate für die Dampfdrucktheorie zu vermuten war, daß die beiden Begriffe in genau demselben Umfange anwendbar sind, daß jedoch der alte Begriff des Elektronengases die bei weitem einfachere Vorstellung bedeutet und daher dem komplizierteren Begriff der Elektronenwolke stets vorzuziehen ist. Die Grenze der Anwendbarkeit beider Begriffe ist dadurch gegeben, daß die Elektronen eine allzu große Dichte erreichen; es tritt dann, wie bei gewöhnlichen Gasen, eine Abweichung vom idealen Gaszustand auf, der auch die thermodynamischen Eigenschaften der Laueschen Elektronenwolke ändert. Es wird eine Formel aufgestellt, die diese Entartungsgrenze zu berechnen gestattet.

Endlich mußte ich noch eine kleine Sonderpolemik

über den Begriff „Bildkraft“ mit Herrn v. Laue durchfechten. Im Gegensatz zu Herrn v. Laue, der glaubte nachweisen zu können, daß die Bildkraftwirkung in der Raumladungstheorie bereits enthalten sei, betone ich die Sonderstellung der „Bildkraft“, die auf der in der Raumladungstheorie nicht berücksichtigten Struktur beruht, und weise auf Lücken in den entsprechenden Überlegungen von Herrn v. Laue hin.

Autoreferat.

Wie Outokumpu, Finnlands neue Kupfererzlagerrstätte entdeckt wurde. (Übersetzung eines Artikels von J. H. L. Vogt in „Teknisk Ukeblad“ vom 22. 9. 1911.) Ztschr. f. prakt. Geol. 1919, Heft 2. Die Entdeckung dieser reichen Erzlagerrstätte liegt zwar schon eine Reihe von Jahren zurück, jedoch wird erst jetzt bei uns die sehr bemerkenswerte Methode bekannt, nach der die Auffindung gelang.

Bei Kivisalmi in Ostfinnland wurde im Geschiebelehm ein erratischer Block von kupferhaltigem Kies mit Quarzit als Nebengestein gefunden. Der Bergingenieur und Geologe Trüstedt von der finnländischen geologischen Landesanstalt erhielt daraufhin den Auftrag, das Erzfeld, von dem dieser Block stammte, aufzusuchen.

Naturngemäß mußte in der Richtung des Eistransportes rückwärts gesucht werden, wobei jedoch das Vorhandensein zweier verschiedenaltiger und verschieden gerichteter Glazialschrammensysteme die Untersuchung erschwerte. Als Anhaltspunkt für die Richtung, in der gesucht werden mußte, hatte Trüstedt aber außer dem Quarzit, in dem das Erzvorkommen liegen mußte, noch ein Eruptivgestein, einen mit dem Kies zusammen gefundenen Olivinfels. Es mußte also in der Nähe des Vorkommens auch Olivinfels auftreten.

Nun war durch die frühere systematische Kartierung ein geologisch derartig zusammengesetztes Gebiet im Kirchspiel Kuusjärvi, etwa 50 km von dem Fundpunkt des Erzes entfernt, bereits bekannt. Somit schied die eine Schrammenrichtung aus und das allein in Frage kommende Gebiet von Kuusjärvi wurde nun von Trüstedt nach entsprechenden Erzblöcken abgesehen, die gefundenen Belegstücke nach ihrer Verteilung sorgfältig kartiert und auf diese Weise eine zwei Kilometer lange Zone mit Erzbestreuung festgestellt, die quer zu dem Schrammensystem verlief. Daraus war die ungefähre Richtung, in der die Lagerstätte verlaufen mußte, zu ersehen und diese selbst war also hinter der Erzbestreuungszone zu suchen. Da der Boden Finnlands in diesem Gebiet von einer, wenn auch nur schwachen Diluvialbedeckung verhüllt ist, mußte das Vorkommen endgültig mit Bohrungen erschlossen werden. Tatsächlich traf nach zwei vergeblichen Bohrungen endlich die dritte Bohrung das Erzlager in einer Mächtigkeit von 8 bis 9 m und mit einem Kupfergehalt von 5 % an.

Somit ist Outokumpu durch zielbewußte wissenschaftliche Forschung, gestützt auf Glazialgeologie, Erzlagerrstättengeologie und systematische geologische Kartierung erschlossen worden. Die Lagerstätte wird für Finnland größere Beträge einbringen, als das Land bisher für die geologische Untersuchung überhaupt angewendet hat.

F. Herrmann.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 33. (Seite 597—612)

15. August 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Probleme der experimentellen Psychologie.
II. Über den Einfluß der Erfahrung auf die
Wahrnehmung. Von *Prof. Dr. K. Koffka*, Gießen.
S. 597.

Über Meteorpapier. Von *Dr. Bruno Schröder*,
Breslau. S. 605.

Leistungen der Chemie in der Gegenwart. Von
Prof. Dr. H. Staudinger, Zürich. S. 608.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über das Protactinium und die Frage nach der
Möglichkeit seiner Herstellung als chemisches
Element. Von *Otto Hahn* und *Lise Meitner*,
Berlin-Dahlem. S. 611.

Astronomische Mitteilungen:

Die Wellenlänge der grünen Nordlichtlinie.
S. 612.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

[Drei Wärmegrade

—
Kein Zuheisswerden

—
Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuscripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Fütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 88, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einseitige Petitseite angenommen.

Bei jährlich 6 12 24 32 maliger Wiederholung

10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

**Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten**

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Gg. Leisegang Potsdamerstr. 138
Fauentzienstr. 12
Berlin Schloß-Platz 4

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Altes und Neues
aus der Unterhaltungsmathematik

Von

Dr. W. Ahrens

in Rostock

Mit 51 Textfiguren. Preis M. 5.60.

(+ Teuerungszuschlag)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Experimentalpsychologie im Dienste des Wirtschaftslebens

Von

Dr. Walther Moede

Privatdozent an der Technischen Hochschule in Charlottenburg

Hierzu 40 Textabbildungen, 5 Schemata, 1 Tabelle und 2 Tafeln

Preis M. 4.80

Hierzu 100% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

15. August 1919.

Heft 33.

Probleme der experimentellen Psychologie.

Von Prof. Dr. K. Koffka, Gießen.

II.

Über den Einfluß der Erfahrung auf die Wahrnehmung.

(Behandelt am Problem des Sehens von Bewegungen.*)

In der Einführung zu diesen Betrachtungen¹⁾ waren zwei Hauptproblemkreise der experimentellen Psychologie unterschieden worden: die Wahrnehmungs- und die Gedächtnispsychologie. Beide führen aber nicht ein gesondertes Dasein, vielmehr ist schon der erste nicht ohne den zweiten erschöpfend zu behandeln. Denn das, was der erwachsene Mensch wahrnimmt, ist zweifellos nicht nur bestimmt durch den Reiz und die angeborenen Funktionsweisen des nervösen Zentralorgans, sondern hängt auch ganz wesentlich von der Entwicklung ab, durch die der Mensch hindurchgegangen ist. In die heutige Wahrnehmung geht in irgendeiner Form die frühere Erfahrung durch das Gedächtnis ein. Wir wollen jetzt nach der Art und den Grenzen dieser Einwirkung fragen. Dies Problem ist außerordentlich wichtig; meinte man doch, in der Wahrnehmungspsychologie mit den Begriffen der Empfindung und des Gedächtnisses auskommen zu können, ein Standpunkt, von dem unser erster Aufsatz durch die Einführung des Gestaltbegriffes radikal abgewichen war. Der dort vertretenen Anschauung scheint man nun leicht dadurch begegnen zu können, daß man sich auf folgende Position zurückzieht: Ursprünglich reagiert der Organismus empfindungsmäßig, erst die Erfahrung führt dazu, daß die Empfindungen sich zusammenschließen, daß sie verbindende Vorstellungen hinzutreten, so daß der Schein entsteht, der Organismus reagiere auf den Reiz allein mit Gestalten. Den Naturwissenschaftlern ist diese Ansicht durch den von *Helmholtz* vertretenen Empirismus bekannt. Unsere neue Wahrnehmungslehre darf keine allgemeine Geltung beanspruchen, ehe sie zu dieser vitalen Frage Stellung genommen hat. Dem heutigen Stand der Forschung entsprechend wollen wir hier an einem

Spezialproblem die experimentelle Behandlung der Frage verfolgen, dazu bieten sich die auch an und für sich dem Naturwissenschaftler interessanten Tatsachen des Sehens von Bewegungen dar, wie sie in technisch vollkommener Form im Kinematographen hervortreten¹⁾.

Vorher müssen wir uns darüber klar sein, in welcher Weise nach der herkömmlichen Ansicht die Erfahrung arbeitet. Man pflegt Erfahrung gleichzusetzen mit *Assoziation*, d. h. man stellt für alles Auftreten nicht direkt durch den Reiz hervorgerufener Bewußtseinsinhalte das Assoziationsgesetz auf: Sind einmal zwei Empfindungen *A* und *B* zusammen (gleichzeitig oder kurz nacheinander) im Bewußtsein gewesen, und tritt die eine von ihnen wieder auf — als Empfindung oder als bloße Vorstellung —, so besteht die Tendenz, daß auch von der anderen eine Vorstellung auftritt. Da nun das zweite *A* niemals ganz dem ersten gleichen wird, so bedarf dies Gesetz einer Ergänzung: Als *reproduzierendes Moment*, so nennt man den wiederauftauchenden Inhalt, der durch Assoziation den anderen nach sich zieht. können auch Inhalte wirken, die von dem ursprünglichen mehr oder weniger verschieden sind. Ist *A* als ursprüngliche Empfindung gegeben, so können auch die Empfindungen $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ und die Vorstellungen $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ das ursprünglich mit *A* verknüpfte *B* reproduzieren. Das gleiche gilt nun auch für das reproduzierte Element, das ja schon als Vorstellung von der ursprünglichen Empfindung in mehr als einer Richtung verschieden ist. Aus der eindeutigen Voraussetzung $A \rightarrow B$ zieht man also eine sehr mehrdeutige Folgerung $A_1 A_2 \dots A_n \rightarrow a_1 a_2 \dots a_n \rightarrow b_1 b_2 \dots b_n$ und sucht die Eindeutigkeit dadurch wiederherzustellen, daß man auf zahlreiche, an sich mehrdeutige Reproduktionstendenzen hinweist, die zusammen ein eindeutiges Resultat ergeben. Die Anwendung dieser Theorie auf die Wahrnehmung muß nun noch Folgendes besonders beachten: Hier kann der Fall eintreten, und er ist sogar der gewöhnliche, daß das Reproduzierte sich nicht vom Empfundenen sondert, vielmehr als gleichwertiger Teil in die Wahrnehmungsvorstellung eingeht. In der dunklen Ecke flattert ein Handtuch, diese Empfindung reproduziert die Vorstellung eines sich bewegenden Menschen, reproduzierendes Moment und reproduzierte Vorstellung verschmelzen, ich „glaube, einen sich bewegenden Menschen zu sehen“. Schon *Helmholtz* hat auf die Unmittelbarkeit und Zwangsläufigkeit

*) Das psychologische Problem der Kinematographie wird hier prinzipiell anders gelöst als in dem Aufsatz von *Merté* (Heft 25 ds. Jahrg.). Der Aufsatz ist lange vor dem Erscheinen des Aufsatzes von *Merté* bei der Schriftleitung eingegangen.

¹⁾ 5. Jahrg. 1917, Heft 1, S. 1.

¹⁾ Im vorigen Aufsatz, a. a. O., Heft 2, S. 24 sind wir ganz kurz schon hierauf eingegangen.

der reproduzierten Elemente in der Wahrnehmung hingewiesen¹⁾ und hervorgehoben, wie schwierig es infolgedessen häufig ist, reproduzierte und empfundene Teile zu sondern. Wundt hat diese besondere Art von assoziativer Reproduktion *Assimilation* genannt (13, III).

Der Kinematograph scheint nun ein Schulbeispiel für solche Assimilation zu sein, wahrhaft ein Apparat zur Erzeugung von Assimilationen. Dadurch, daß mir schnell hintereinander lauter einzelne, nahe beieinander gelegene Phasen einer Bewegung gezeigt werden, glaube ich, Bewegung zu sehen. Es wird also auf Grund von bestimmten ruhenden Empfindungen die Vorstellung von Bewegung erzeugt, augenscheinlich auf Grund von Erfahrung (Assoziation), und diese Vorstellung verschmilzt mit den Empfindungen so fest, daß ich beide Arten von Elementen gar nicht trennen kann. Dies wird aber durch eine kleine Änderung im Betrieb der Apparatur ermöglicht; ich brauche den Film nur langsamer laufen zu lassen, dann verschwindet die Vorstellung, die Empfindungen bleiben übrig, ich sehe nacheinander die einzelnen Bilder (*Linke* [7, 8]).

Nach dieser kurzen Kennzeichnung der Theorie wenden wir uns zu den Tatsachen, um an ihnen die verschiedenen Ausgestaltungen der allgemeinen Prinzipien zu erproben. Wir stützen uns vor allem auf die experimentellen Resultate *Wertheimers* (12) sowie des Verfassers und seiner Mitarbeiter *Kenkel* und *Korte* (4, 5), ohne uns an die historische Reihenfolge zu halten, nach welcher die Arbeit von *Wertheimer* als Ausgangspunkt und Grundlage für alle späteren Forschungen zu gelten hat.

Der Grundversuch ist folgender: Mit Hilfe einer geeigneten Vorrichtung (Tachistoskop) werden nacheinander zwei Objekte auf gleichförmigem Grunde für eine kurze Zeit exponiert, am einfachsten je ein Strich in zwei verschiedenen Lagen, entweder, so meist bei *Korte* (5), wie in Fig. 1, oder, so vielfach bei *Wertheimer* (12), wie Fig. 2, erst *a*, dann *b* oder umgekehrt. Durch unsere Apparatur können wir nun in einfacher Weise die Dauer der Exposition von *a* und *b* (e_1 und e_2), die Pause zwischen den Expositionen (p), die Intensität der Striche (i), die hell auf dunklem Grunde erschienen, und ihren Abstand (s) variieren. Man kann dann die Variablen so wählen, daß der Beobachter nicht mehr zwei Striche sieht, sondern einen, der sich aus der Lage *a* in die Lage *b* bewegt¹⁾. Wir wollen diesen Eindruck den des *optimalen Bewegungstadiums*, kurz *Optimalstadium* (*Opt*) nennen. Gehen wir von diesem aus und verlängern die Pause zwischen den Expositionen von *a* und *b*, so kommt es bei einer bestimmten Größe dieser Veränderung dazu, daß der Wirklichkeit entsprechend, zwei Striche gesehen werden, die *nacheinander* an verschiedenen Stellen auftau-

chen; wir wollen diese Erscheinung das *Sukzessivstadium* (*Suk*) nennen. Verkürzen wir umgekehrt die Pause, so wird bei einer bestimmten Größe der Veränderung wieder ein neues Phänomen auftreten: es werden wieder zwei Striche gesehen, die aber streng *gleichzeitig* auftauchen und verschwinden, man sieht also im Fall der Fig. 1 zwei Parallele, im Fall der Fig. 2 einen rechten Winkel. Auch dies ist nicht überraschend, da ja der Grenzfall der Pausenverkürzung die gleichzeitige Darbietung der beiden Striche ist, und es im ganzen Gebiet der Sinnespsychologie Schwellen gibt. Wir nennen dies letzte Phänomen das *Simultanstadium* (*Sim*) und haben damit die drei Hauptstadien charakterisiert.

Nun haben die Versuche von *Korte* (5) aber ergeben, daß man vom *Opt* aus die beiden andern Hauptstadien nicht nur durch Veränderung von p , sondern auch durch Veränderung der Intensität (i) und des Abstands (s) hervorrufen kann, während p konstant bleibt. Und zwar fand *Korte* folgendes: herrscht *Opt*, so verwandelt sich dies in *Suk*, wenn die Intensität erhöht oder der Abstand verkleinert wird, in *Sim* durch Herabsetzung von i oder Vergrößerung von s . Vom



Fig. 1.



Fig. 2.

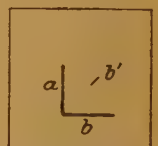


Fig. 3.

Suk kommt man also zum *Opt* und schließlich zum *Sim* außer durch Verkürzung von p durch Schwächung von i oder Vergrößerung von s . Wir können diese Beziehungen in folgender Form ausdrücken:

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| I. $i_{Opt} \sim 1/p$ | $p_{Opt} \sim 1/i$ |
| II. $p_{Opt} \sim s$ | $s_{Opt} \sim p$ |
| III. $s_{Opt} \sim i$ | $i_{Opt} \sim s$ |

wobei das Zeichen \sim nur besagen soll, daß, wenn wir vom *Opt* ausgehend die rechte Seite der Formeln verändern, diese Veränderung durch eine *gleichsinnige* der linken kompensiert werden muß. Über die Art der Funktionen kann noch keine Aussage gemacht werden.

Wir fragen jetzt, wie stehen diese Tatsachen zu der Annahme, daß es sich um assoziativ erklärbare Erscheinungen handelt²⁾? Beginnen wir mit

¹⁾ Unsere Anordnung stellt also die einfachste Form des Kinematographen dar.

²⁾ Theorien, die durch diese und frühere Versuche widerlegt sind, aber mit unserem Hauptproblem nicht in Zusammenhang stehn, lassen wir unberücksichtigt.

¹⁾ Ebenso die englischen Assoziationspsychologen, vor allem *J. St. Mill* und *A. Bain*.

der extremst empiristischen Fassung, wie sie den Helmholtzschen Grundsätzen entspricht. Nach Helmholtz (3) erleben wir Sinnesempfindungen und lernen durch Erfahrung, sie auf Gegenstände der Außenwelt deuten. In unserm Fall hätten wir also erst Empfindung *a*, dann Empfindung *b* und legten dies auf Grund von Erfahrung so aus, daß sich ein Objekt von *a* nach *b* bewegt hat. Auf die inneren psychologischen Schwierigkeiten dieser Theorie wollen wir nicht eingehen — nur kurz darauf hinweisen, daß es so etwas in der Tat gibt, Sonne, Stundenzeiger der Uhr, daneben aber der Sekundenzeiger! —, sondern nur fragen, wie steht sie zu den Tatsachen? Nun, die drei Hauptstadien und ihre Umwandlung allein durch Veränderung von *p* könnte sie allenfalls erklären; sind zwei Empfindungen fast gleichzeitig, so erscheinen sie noch als Zeichen gleichzeitiger Objekte, folgen sie in großem Abstand, so zwingt uns keine regelmäßige Erfahrung, sie durch Bewegung zu verbinden, ist aber *p* von einem bestimmten Größenbereich, so entspricht es der Erfahrung, daß solche Empfindungen von einem bewegten Objekt hervorgerufen wurden. Die Theorie versagt aber sofort gegenüber den Korteschen Gesetzen. Auch wenn *p* unverändert bleibt, kann der Bewegungseindruck ja durch bloße Veränderung von *i* oder *s* zerstört werden, und diese Tatsachen, zumal soweit sie *i* betreffen, kann die vorgeschlagene Theorie nicht erklären, wie nicht weiter ausgeführt zu werden braucht. Helmholtz ist übrigens auf diese Dinge nicht ausführlich eingegangen, er behandelt ganz kurz die stroboskopischen Scheiben (Lebensrad) und sieht da das Wesentliche in der Verschmelzung der Bilder (3, II³ 185), ohne darauf einzugehen, warum, wenn zwei oder mehr nicht völlig übereinstimmende ruhende Bilder verschmelzen, der Eindruck der Bewegung entsteht; jedenfalls hat er aber an eine assoziative Erklärung gedacht.

Die letzte Betrachtung führt uns zu einer anderen Theorie, die sehr häufig vertreten worden ist, und die den stroboskopischen Bewegungseindruck in Beziehung zu den positiven Nachbildern der einzelnen Phasenbilder bringt. So sind nach Wundt (13, II) die Bedingungen für die Entstehung des Bewegungseindrucks dann am günstigsten, „wenn das positive Nachbild der vorangegangenen Phase in dem Moment verschwindet, wo das neue Bild auftritt“ (S. 615). In den hier beschriebenen Versuchen können aber die Nachbilder keine konstitutive Rolle gespielt haben, haben wir es doch mit räumlich stark getrennten Reizobjekten zu tun, und die Bewegung, gerade das zentrale Phänomen, wird zwischen diesen Objekten gesehen (s. a. u.), wo überhaupt keine Nachbilder liegen können. Auch spricht wieder eins der Korteschen Gesetze direkt gegen diese Erklärung. Je stärker der Reiz, um so stärker und länger dauernd das positive Nachbild. Man müßte also im Sinne der Wundtschen Theorie erwarten, daß eine zu große Pause durch

Erhöhung der Reizintensität kompensiert würde, während, wie wir sahen, das Umgekehrte der Fall ist: ist *p* zu groß, d. h. herrscht *Suk*, so kommt man zum *Opt* durch Herabsetzung von *i*.

Wundt selbst legt freilich kein allzugroßes Gewicht auf das Nachbild, „die entscheidende Rolle spielt die assimilative Assoziation der Bewegungsvorstellungen, die von der Nachbildwirkung nur insoweit unterstützt wird, als diese die Auffassung einer kontinuierlichen Bewegung begünstigt“ (13, II, S. 619). Wundt deutet also in der Hauptsache unsere Erscheinung so, wie wir es in der Einleitung dargestellt haben, als Schulbeispiel für die Teilnahme von Gedächtniselementen an der Wahrnehmung. Nun ist eins klar: wenn reproduzierte Elemente in die Wahrnehmung eingehen sollen, so kann die Reproduktion (in unseren Versuchen) nur von beiden Reizobjekten *gemeinsam* ausgelöst werden, das reproduzierende Moment wären also die beiden Striche. Diese Folgerung ist am schärfsten in der Linkeschen Identifikationstheorie ausgedrückt: konstitutiv, *conditio sine qua non* des Bewegungseindrucks ist für Linke die Identifikation der zwei gesehenen Objekte; ich sehe nur *ein* Objekt, daher sehe ich Bewegung. Dies „daher“ hat auch für Linke früher (7) die Bedeutung gehabt: durch Assoziation; wenn auch, wie wir sehen werden, mit einiger Einschränkung. Heut (8) läßt er es dahingestellt, die assoziative Erklärung erscheint ihm sogar unwahrscheinlich.

Gegen die assoziative Erklärung sprechen nun in der Tat zahlreiche Tatsachen. Wir können kinematoskopisch Bewegungseindrücke *erleben*, die wir in früherer Erfahrung sicher *nicht* erlebt haben. Bieten wir als Exposition *a* ein Quadrat, als *b* einen Kreis, so sehen wir im *Opt* ein Quadrat sich in einen Kreis *verwandeln*, ein völlig neues Erlebnis. Das hatte schon Linke (7) beobachtet und daraufhin seine, damals noch vertretene, Assoziationstheorie abgeschwächt: es wird häufig nicht die Bewegung in ihrer speziellen Form, sondern nur die Vorstellung einer Bewegung überhaupt assoziativ ergänzt. Wir müssen daher weiter fragen: *was ist es überhaupt, das durch Reproduktion hinzugefügt wird?* Die primitive Antwort lautet: natürlich die zwischenliegenden (fehlenden) Phasen. So selbstverständlich diese Behauptung klingt, so wenig hält sie einer genauen Tatsachenforschung stand. Wertheimers Versuche zeigten, daß im *Opt* bei auf das Zwischenfeld gerichteter Aufmerksamkeit in diesem Zwischenfeld nichts von „Phasen“ gesehen wird; im Feld ist nichts von Objekten, das Objekt geht aus seiner Lage *a* heraus, kommt in seine Lage *b*, dazwischen ist es nicht vorhanden, wohl aber die Bewegung, die vollkommen einheitlich bleibt. Der Grund, über den sich das Objekt bewegt, um von *a* nach *b* zu gelangen, wird von seiner Farbe nicht tangiert. Ein schöner Versuch Wertheimers macht das besonders deutlich (vgl. Fig. 3). Der kleine

Strich *b* war auch nicht für einen Augenblick zu einem vollen Balken ergänzt, obwohl optimale Drehung von *a* nach *b* gesehen wurde. *Linke*, der früher schon ähnliche Beobachtungen gemacht hat, bestätigt jetzt die Beschreibung *Wertheimers* vollkommen, ohne freilich seine Konsequenzen daraus zu ziehen. Denn wir müssen doch schließen: reproduktive Ergänzung von Zwischenphasen liegt *nicht* vor, *Linke* aber versteht trotzdem unter Bewegungsvorstellung gar nichts weiter „als das Bewußtsein, daß zwischen den vorgestellten bzw. wahrgenommenen Figuren Zwischenphasen bestehen“ (7, S. 553), und er hält (s. u.) auch heut noch an dieser Ansicht fest und modifiziert sie nur dadurch, daß er die Ergänzung als unanschaulich kennzeichnet (8, S. 282, 301). Entfällt für die Assoziationstheorie die Ergänzung der Zwischenphasen, so kann sie nur mehr behaupten, daß Bewegung als *Inhalt eigener Art* reproduziert wird, eine Konsequenz, auf die wir bald zurückkommen werden.

In noch größere Schwierigkeiten gerät die Theorie, wenn wir *nach dem reproduzierenden Moment fragen*. Als solches können ja, ihr zufolge, nur beide Objekte gemeinsam wirken, ein einzelnes ruhendes Objekt hat keinen Anlaß, Vorstellung von Bewegung zu reproduzieren. Wir sahen auch schon, daß dieser Standpunkt von der Identifikationstheorie prägnant vertreten wird. Sie kann sich auf die unbestreitbare Tatsache stützen, daß überall, wo Identität gesehen wird, auch Bewegung gesehen wird. Bewiesen wäre sie aber erst, wenn auch die Umkehrung gelten würde; es ist aber gerade eins der wichtigsten experimentellen Ergebnisse *Wertheimers*, daß dies nicht der Fall ist. *Wertheimers* Gegenbeweis ist im Grund furchtbar einfach. Wir kennen die drei Hauptstadien *Sim*, *Opt*, *Suk*. *Wertheimer* stellt nun die Frage, was ist gegeben, wenn etwa *p* für *Opt* zu klein, für *Sim* zu groß ist? Man könnte meinen, die Eindrücke müßten dann zu beschreiben sein als undeutlichere, unsicherere, schlechtere Bewegung, der Beobachter etwa im Zweifel, ob Bewegung oder Simultanität vorliegt, und diese Meinung hat wohl auch eine weitere Erforschung des Phänomens so lange verhindert. Eingehende Beobachtung zeigt aber, daß sie falsch ist, daß hier vielmehr Phänomene von qualitativer Eigenart auftreten, allgemein zu charakterisieren als *Teilbewegung*. Man sieht nicht mehr ein Objekt, das sich aus Lage *a* in Lage *b* bewegt, sondern zwei Objekte *a* und *b*, von denen sich das erste aus seiner Anfangslage heraus ein Stück in Richtung auf *b* hin bewegt, das zweite aus der Richtung von *a* ein Stück herkommend sich in seine Endlage begibt, und zwar zwischen den Grenzen, daß *a* und *b* jedes nur einen Ruck machen, bis zur völligen Ausfüllung der Bewegungsbahn, wobei dann jeder Teil die Hälfte des Wegs zurücklegt. Wir bezeichnen diese Phänomene als *duale Teilbewe-*

gung. Sie beweist, daß der Satz: keine Bewegung ohne Identifikation, falsch ist; wird doch hier Bewegung der beiden Objekte *a* und *b* gesehen, ohne daß diese identifiziert werden. Andererseits könnte man, da ja doch beide Objekte bewegt sind, als reproduzierendes Moment für die Bewegungsvorstellungen immer noch beide Objekte gemeinsam ansehen, freilich ohne Identifikation. Dagegen sprechen aber folgende Tatsachen. Verlängern wir im *Opt* etwa die Exposition des ersten Strichs, so wird wieder die Identität zerstört; man sieht zwei Striche, und zwar den ersten in Ruhe, den zweiten in Bewegung; er geht aus *a* heraus nach *b*. Ändert man jetzt *p*, so kann man es erreichen, daß wieder *a* in Ruhe bleibt und *b* sich bewegt, diesmal aber nur über ein Stück des Wegs; man kann die Änderung von *p* so lange fortsetzen, bis auch *b* nur noch einen Ruck macht. Wir sprechen hier von *singularer Teilbewegung*¹⁾. Sie beweist, daß die Bewegung gar nicht beide Objekte zu betreffen braucht, sondern nur das eine; das macht es sehr unwahrscheinlich, daß hier beide Objekte gemeinsam reproduktiv auf Bewegung wirken, wird doch das eine in Ruhe gesehen. *Wertheimer* ist noch einen Schritt weiter gegangen: er hat Bewegungseindruck erzielt, wenn überhaupt nur ein Objekt geboten war, und zwar auf folgende Weise: Man exponiert mehrmals nacheinander eine Objektfolge *a—b* (Winkel, Parallelverschiebung) und läßt dann plötzlich ohne Wissen des Beobachters eine der beiden Expositionen fort. Der Beobachter sieht nun nach wie vor ein *bewegtes* Objekt, nur geht die Bewegung über eine kleinere Strecke, und wiederholt man nun die Exposition des einen Objekts, so bleibt die Bewegung immer kleiner werdend noch während 3—4 Expositionen erhalten und hört erst bei der vierten oder fünften ganz auf. Auch dieser Versuch scheint auf den ersten Blick nicht gegen eine Assoziationstheorie zu sprechen: man hat so oft zwei Striche mit Bewegung gesehen (man beachte den Doppelsinn von „gesehen“, denn man hat ja auch bei Exposition von 2 Strichen nur *einen* bewegten „gesehen“), daß jetzt, sobald der erste Strich exponiert wird, auch schon die Reproduktion der Bewegung zustande kommt, nach dem Gesetz der Substitution. Diese Erklärung scheitert aber an der Tatsache, daß ja gar nicht die ursprünglich gesehene Bewegung jetzt wieder auftritt, sondern eine kleinere, für die gar keine Reproduktionsgrundlage vorhanden sein kann.

Als Resultat dieser Betrachtungen ergibt sich: der Bewegungseindruck ist weder an die Identifikation, noch überhaupt an *beide* Objekte not-

¹⁾ *Linke* bestreitet die Existenz solcher Teilbewegung; ihre Feststellung beruhe auf Versuchsfehlern und Irrtümern von *Wertheimer* und seinen Beobachtern. Wie merkwürdig, daß meine Beobachter dasselbe gesehen und eingehend beschrieben haben. Von unklaren Phänomenen, wie *Linke* behauptet, ist gar keine Rede, es handelt sich um von jedermann unter den angegebenen Bedingungen beobachtbare Tatsachen.

wendig gebunden, die assoziativ-reproduktive Erklärung findet keine Grundlage in den Tatsachen.

Ehe wir diesen Gedankengang weiter fortsetzen, verlohnt es sich, kurz einem Einwand folgender Art zu begegnen: wir quälten uns hier mit gar nicht vorhandenen Problemen, der Tatbestand ließe sich viel einfacher so ausdrücken: wir sehen eine Mehrheit von Phasen einer Bewegung und merken nicht, daß die Bewegung fehlt. Wieder wollen wir auf die inneren psychologischen Schwierigkeiten dieser Theorie nicht ausführlich eingehen, nur kurz darauf hinweisen, daß sie auf den Grundsatz hinauskommt: ich merke *nicht*, daß etwas *nicht* ist, ist dasselbe, wie: ich merke, daß etwas ist. Aber viel schöner widerlegt sich die Theorie durch Experimente von Wertheimer. Ist ein Nichtbemerken für den Bewegungseindruck konstitutiv, so müßte die Aufmerksamkeit ganz bestimmte Wirkungen haben, dergestalt, daß dann, wenn sie auf das Zwischenfeld gerichtet ist, wo ja gerade das Fehlen der Bewegung nicht bemerkt werden soll, gerade dies *Fehlen* bemerkt werden, der Bewegungseindruck also verschwinden müßte. Tatsächlich tritt nun folgendes ein: Hat man ausgesprochenes *Opt*, so ändert die Aufmerksamkeit daran so gut wie gar nichts. Ein starker Einfluß der Aufmerksamkeit ist aber sofort zu konstatieren, sobald man die Bedingungen für *Opt* etwas ungünstiger macht. Richtet man jetzt die Aufmerksamkeit auf das Zwischenfeld, so sieht man optimale Bewegung, richtet man sie auf eins der Objekte, so tritt eins der Zwischenstadien ein, Teilbewegung, und zwar im allgemeinen so, daß sich das Objekt bewegt, auf das die Aufmerksamkeit gerichtet ist. Die Tatsachen stehen also im krassen Widerspruch zur Theorie des Nichtbemerken, gerade da, wo die Aufmerksamkeit liegt, ist die Bewegung begünstigt. Im selben Sinn sprechen die Befunde von Korte. Ist der Abstand der beiden Objekte sehr groß, so muß das Nichtbemerken der fehlenden Bewegung erschwert sein; man müßte es durch Verkleinerung der Pause begünstigen können. Die Erfahrung zeigt das Gegenteil: ist *s* zu groß, so sieht man *Sim* und kommt durch *Vergrößerung* von *p* zum *Opt*¹⁾.

Damit kehren wir zur Reproduktionstheorie zurück. Von allen speziellen Mängeln absehend wollen wir jetzt ihren allgemeinsten Gehalt betrachten; der ist folgender: In der Bewegungswahrnehmung sind *zweierlei* Bestandteile enthalten, ein *eigentlich wahrnehmungsmäßiger* (empfundener) und ein *bloß vorgestellter*, beide zu einer ununterscheidbaren Einheit verbunden, in der die Vorstellungselemente am Wirklichkeitscharakter der Wahrnehmung teilhaben. Jener Faktor sei der Ortswechsel eines identischen Gegenstandes, dieser das bewegte Objekt im Zwischenfeld (Linke [8], S. 282). Das Fun-

dament dieser Theorie bildet die Tatsache, daß Bewegung gesehen werden kann, ohne daß die bewegten Zwischenphasen gesehen werden, was so ausgedrückt wird: „ich nehme eine deutliche *Bewegung* wahr, der gleichwohl die wesentlichen Kennzeichen der Bewegung fehlen“ (Linke [8], S. 279), denn zu einer Bewegung, das liegt in ihrem Wesen, ihrem Begriff, gehört es, daß ein Objekt seine Bahn durchläuft. Diese Paradoxie soll nun durch die eben dargestellte Theorie überwunden werden; im eigentlichen Sinn wird danach ja Bewegung gar nicht gesehen, sondern nur vorgestellt. Damit ist die Theorie auf eine ganz neue Grundlage gestellt worden: nicht mehr die Empirie wird angerufen, sondern begriffliche Überlegungen, die vor aller Empirie Geltung beanspruchen. Dadurch ist die Theorie dem Urteilsspruch der Tatsachen entzogen, Tatsachen können sie nicht widerlegen, aber auch nicht bestätigen¹⁾, und sie kann mithin auch keine Voraussagen über Tatsachen liefern. Der Naturwissenschaftler wird solche Theorie mit Recht von vornherein ablehnen. In der Tat scheint mir diese Methode *Linkes*, aus „Wesengesetzen“ psychologische Theorien zu bauen, wie ich hier freilich nicht weiter begründen kann, ein aussichtsloser Irrweg.

Fehlt es der Theorie von der Zusammengesetztheit der Bewegungswahrnehmung somit an einem Tatsachenfundament, so ist es doch auch schwer, sie zu widerlegen. Aber es gibt doch genug Tatsachen, die eben durch diese Theorie so gar nicht erklärt werden, also als Gegenargumente anzusehen sind. Wir teilen diese Argumente in zwei Gruppen: 1. die deskriptive, 2. die funktionale. In der ersten teilen wir schlicht beobachtbare Merkmale, Besonderheiten der Phänomene selber mit, in der zweiten gehen wir auf die Entstehungsbedingungen und auf die Nachwirkungen der Phänomene ein. 1. Die Theorie der Zusammengesetztheit verlangt nicht, daß wir am Phänomen direkt erkennen können, was Empfindung, was bloße Vorstellung ist, aber sie verlangt, daß beide Arten von Elementen, die Empfindungen sowohl wie die Vorstellungen, im Gesamterlebnis enthalten sein müssen. Wertheimer hat dagegen eine Reihe von Versuchen angeführt, in denen die „Empfindungen“ teilweise oder ganz fehlen: a) Es ist bekannt, z. B. von Leseversuchen her, daß von tachistoskopisch exponierten Objekten häufig ein Teil gar nicht zur Wahrnehmung gelangt. Dies kam in den Versuchen von Wertheimer auch vor; das eine Objekt fiel aus, der Beobachter gab an: Winkelanordnung; diesmal war nur ein Strich exponiert, der sich um ca. 30° gedreht hat. Hier fehlt also die eine „Empfindung“, ohne daß der Bewegungseindruck verschwindet. b) Man exponiert häufig hinter-

¹⁾ So fügt Linke die Kortischen Gesetze seiner Theorie in einer Weise ein, daß sie über ihre Richtigkeit oder Falschheit nichts entscheiden können (8, S. 323), aber dafür wird auch gar keine Erklärung für diese Gesetze versucht.

¹⁾ Den gleichen Einwand kann man auch gegen die Identifikationstheorie erheben.

einander $a b a b a b \dots$, dann sieht man, wenn optimale Verhältnisse herrschen, bald nicht mehr die Lagen a und b und dazwischen die Hin- und Rückbewegung, sondern das Objekt kommt schon als bewegtes an und verschwindet noch in Bewegung. c) War hier von den „Empfindungen“ a und b kaum mehr etwas übrig geblieben, so kann der Ausfall noch radikaler werden. Besonders wenn die Expositionszeiten kurz sind, kann man Phänomene hervorbringen, wo der Beobachter bei klarstem Bewegungseindruck überhaupt kein Objekt sieht. Also: Bewegung wird gesehen, nicht aber ein bewegter Gegenstand¹⁾.

2. a) Man kann *Opt* auch dann erzielen, wenn sich e_1 und e_2 zeitlich überlappen, also p negativ wird. Warum soll hier zu den ruhenden Empfindungen, die ja doch sogar eine Zeitlang gleichzeitig da sind, noch die Vorstellung der Bewegung treten? b) Ein noch nicht erwähntes Gesetz von Korte besagt: Expositionszeit und Pause müssen gegeneinander variiert werden: lange Exposition — kurze Pause und umgekehrt. Betrug z. B. $p \ 37\sigma$ ($1\sigma = \frac{1}{1000}$ sec), so sah man bei $e = 183 \sigma$ *Opt*, bei $e = 37 \sigma$ *Sim*. Schon dies ist schwer zu verstehen. Vollends rätselhaft wird es aber, wenn man nur eine Expositionszeit auf 183σ bringt. Dann sieht man wieder *Opt*, und zwar sowohl wenn e_1 , wie wenn e_2 allein verlängert wird. Man denke doch: erst erscheint Strich a für 37σ , dann kommt die Pause von 37σ , dann Strich b ; während der ersten 37σ seiner Dauer ist noch nicht entschieden, ob und was für eine Vorstellung zu den Empfindungen hinzutreten soll; die Entscheidung ist auch noch nicht gefallen, wenn e_2 110σ gedauert hat ($e_2 = 110 \sigma$ ergibt duale Teilbewegung), erst die letzten 73σ von den 257σ bringen die Entscheidung, die die ersten 174σ nicht herbeiführen konnten. Mir ist kein Mechanismus für die Verbindung von Empfindungen und Vorstellungen bekannt, der so etwas erklären könnte. c) Auf stroboskopischem Weg lassen sich Bewegungsnachbilder erzielen. Es ist bekannt, daß man, wenn man längere Zeit bestimmt gerichtete Bewegung gesehen hat und nun auf einen ruhenden Hintergrund blickt, die entgegengerichtete Bewegung sieht. Bekannte Beispiele sind die gedrehte Spirale, die sich, je nach der Drehrichtung, auszudehnen oder zusammenzuziehen scheint und sich, wenn man sie dann plötzlich anhält, zusammenzieht bzw. ausdehnt, oder das Vorübergleiten von vertikalen Linien durch das Gesichtsfeld, denen bei objektivem Stillstand ein scheinbares Rückgleiten folgt. Das gleiche negative Bewegungsnachbild erhält man nun auch, wie *Exner* und *Wertheimer* gezeigt haben, wenn man das Bewegungsvorbild kinematographisch darbietet. Dieser Versuch stellt uns vor die Alternative: entweder wir nehmen auch bei der Wahr-

nehmung wirklicher Bewegung die Vereinigung von vorgestellten und empfundenen Elementen an und müssen dann das Nachbild auf Grund dieser Annahme erklären, was ungeheuer schwierig sein dürfte, oder wir geben die Annahme auch für die stroboskopische Bewegungswahrnehmung auf, was uns nach allem Gesagten nicht mehr schwer fallen wird. Nun können wir die erste Alternative wirklich ausschließen durch einen Versuch *Exners* aus dem Jahre 1875: „Wenn man die weiße Marke in den unteren äußersten Teil des Sehfelds bewegt, so kann man diese Bewegung noch da erkennen, wo man die Marke überhaupt nicht mehr sieht, d. h. wo man weder etwas irgendwie Begrenztes, noch auch etwas Weißes sieht. Es klingt fast komisch, daß man nur die Bewegung, nichts Bewegtes sehen soll, doch kann ich den Eindruck, den ich habe, nicht anders beschreiben“ (2. S. 163). Außer der Bestätigung der reinen, objektlosen Bewegung liefert uns dieser Versuch einen Fall, wo Bewegung auftritt, ohne daß eine Empfindung im üblichen Sinn da war, ja unter Bedingungen, unter denen verschiedenen lokalisierte Empfindungen wegen der geringen Schärfe der peripheren Netzhautteile gar nicht zustande kommen können. *Exner* schließt denn auch, daß der Bewegungseindruck nicht auf Vorstellungstätigkeit beruht, sondern als Empfindung anzusehen ist. *Wertheimer* hat Ähnliches nun auch bei kinematoskopischer Darbietung erreicht, somit den gleichen Beweis für die Wahrnehmung nichtwirklicher Bewegung erbracht. Wir sind somit berechtigt, die Theorie der stroboskopischen Bewegungswahrnehmung, die eine Zusammensetzung dieser aus Empfindungs- und Vorstellungselementen behauptet, als unzureichend abzulehnen.

Somit bleiben uns noch zwei Fragen: 1. Wie muß eine Theorie beschaffen sein, die allen Tatsachen gerecht wird, und 2. wie haben wir uns dann den Einfluß der Erfahrung auf die Bewegungswahrnehmung zu denken?

1. Die Bewegungswahrnehmung ist etwas Einheitliches, in ihr tritt uns ein Inhalt *sui generis* mit spezifischen Qualitäten gegenüber, deren Charakteristikum es ist, dynamisch zu sein. Eine Bewegung kann in ihrer anschaulichen Gegebenheit langsam und träge oder schnell und lebendig sein, sie kann sich leicht vollziehen oder wie aus mächtiger innerer Spannung, um nur einige solche spezifischen Bewegungsqualitäten anzudeuten. Und dies Erlebnis *sui generis* steht in ebenso direkter Beziehung zu den Reizen, wie nur irgendeine Empfindung. Wir brauchen nicht mehr zwischen der Wahrnehmung wirklicher und stroboskopischer Bewegung zu scheiden, psychologisch sind beide gleichartig, beide erzeugen ja negative Nachbilder, auch sind beide, unter günstigen Umständen, ununterscheidbar, wie wieder *Wertheimer* in besonderen Versuchen gezeigt hat. Wir könnten mit *Exner* von Bewegungsempfin-

¹⁾ *Benussi* und *Linke* leugnen das Vorkommen solcher reiner Bewegung, *B.* konnte es nicht beobachten, für *L.* ist es *a priori* unmöglich. Ich selbst war einer der Beobachter *Wertheimers* und kann nicht anders als meinen oft wiederholten Beobachtungen trauen.

dungen sprechen, doch ist der Sitz des physiologischen Korrelats der Bewegungsvorstellung relativ zentral anzunehmen — stroboskopisches Bewegungssehen kommt nämlich auch dann zustande, wenn man Objekt *a* dem einen, *b* dem anderen Auge bietet —, auf Netzhautvorgänge kann man hier nicht rekurrieren, wie bei den Farben, so daß man sich mit der üblichen Terminologie in Widerspruch setzen würde.

Unsere Theorie muß also physiologisch sein — da wir Bewegung als psychologisch irreduzibel erkannt haben —, und sie muß zentral sein. Solche Theorie hat Wertheimer entworfen: Er nimmt nach neueren hirnpysiologischen Forschungen als wahrscheinlich an, daß mit einer Erregung einer zentralen Stelle *a* eine physiologische Wirkung in gewissem Umkreis um *a* gesetzt wird. Wird nun nach *a* eine Stelle *b* gereizt, die so nahe liegt, daß die Umkreiswirkungen ineinandergreifen können, so liegen mehrere Möglichkeiten vor. Entweder die Pause zwischen den Reizungen ist so groß, daß die Umkreiswirkung um *a* schon erloschen ist, wenn die Erregung von *b* einsetzt, dann tritt *Suk* ein; oder die Pause ist kürzer, die Erregung von *a* ist beim Einsetzen von *b* etwa auf ihrem Höhepunkt, dann tritt ein physiologischer gerichteter Kurzschluß ein, die Erregungen fließen ineinander, und dies Hinüber von Erregung ist das Korrelat des *Opt*; ist die Pause noch kürzer, so sind die Erregungen für einen gerichteten Kurzschluß zu gleichzeitig, Zusammenfließen findet statt, es herrscht auf dem ganzen Gebiet zwischen den gereizten Stellen ein Erregungsgleichgewicht, womit dann das *Sim* erklärt wäre. Außer den drei Hauptstadien erklärt diese Theorie eine Reihe weiterer Tatsachen auf das einfachste, so die Zwischenstadien, die Übung (s. u.), die Wirkung der Aufmerksamkeit (s. u.) und das negative Nachbild (Zurückfluten der Erregung).

Die Entdeckung der Kortesch'schen Gesetze legte es nahe, diese Theorie weiter zu entwickeln. Ich habe an einem geometrisch-mechanischen Bild untersucht, in welcher Weise der Ort des Zusammentreffens der zwei Erregungen von den Faktoren *e*, *p*, *i*, *s* abhängt, und habe verschiedene Treffpunkte auf der Verbindungslinie *ab* den verschiedenen Stadien hypothetisch zugeordnet. Mit gewissen einfachen Annahmen ist es mir gelungen, Formeln zu finden, die nicht nur die Kortesch'schen Gesetze, sondern auch die übrigen hier mitgeteilten Tatsachen ableitbar machen¹⁾. Auch sei bemerkt, daß gewisse von mir fortgeführte Experimente von Kenkel (4) die Grundannahme der Wertheimerschen Theorie, die Erregungsausbreitung, zu bestätigen scheinen. Exponiert man nämlich ein einziges Objekt, Linie, Kreis usw., sehr kurze Zeit, so erscheint es mit

¹⁾ In einer kleinen Arbeit, die am 21. April 1918 Carl Stumpf in einer Festschrift als Gabe seiner Schüler zum 70. Geburtstage überreicht wurde, aber der schlechten Papier-Verhältnisse wegen noch immer nicht gedruckt werden konnte.

einer Ausdehnungs- und verschwindet mit einer Zusammenziehbewegung.

Der Hauptwert der Wertheimerschen Theorie ist aber ein heuristischer; sie stellt neue Fragen, fordert somit immer wieder zu experimentellen Entscheidungen über ihre Geltung auf, was wir gerade bei der psychologischen Theorie von Linke vermißten. Ihre Fruchtbarkeit liegt nun vor allem darin, daß sie ein neues Prinzip in die physiologische Hypothesenbildung einführt. Sie sieht, zum ersten Mal, nicht in Einzelerregungen oder der Summe von durch Assoziationsbahnen verbundenen Einzelerregungen das physiologische Korrelat bestimmter psychischer Phänomene, sondern nimmt dafür spezifische Querfunktionen an, Gesamtvorgänge mit spezifischen Eigenschaften, nicht Summen verschieden kombinierter Einzelerregungen. Und zwar tut sie dies auch für das *Sim*, d. h. für die ruhende Gestalt. || ist, auch physiologisch, nicht bloß zwei Linien bzw. die zwei Linien entsprechenden physiologischen Vorgänge, sondern ein spezifischer Gesamtvorgang, eine bestimmte, räumlich-zeitliche Erregungsverteilung, Erregungsmelodie, entsprechend dem Phänomen: 2 Parallele (analog beim Winkel). Dies ist nun fundamental für unseren Empfindungsbegriff; unter natürlichen Umständen erleben wir ja immer mehr oder weniger gestaltete Komplexe. Die Psychologie drückt das so aus, daß sie sagt: die Empfindung sei ein Abstraktionsprodukt, glaubt aber trotzdem, die Komplexe durch Zusammensetzung der Empfindungen erklären zu müssen. Wir werden dagegen primär als Grundlage der Wahrnehmungsphänomene solche spezifischen Querfunktionen anzunehmen haben, aus denen die „Empfindungen“ künstlich durch Abspaltung hervorgehen. Ähnliche Vorgänge haben wir in den Wertheimerschen Versuchen über Aufmerksamkeit kennen gelernt. Wir sahen, unter gewissen äußeren Umständen tritt je nach der Stellung der Aufmerksamkeit bald dies, bald jenes Phänomen auf. Aufmerksamkeit läßt also das, worauf sie sich richtet, nicht unverändert, sie gehört zu den Faktoren, die mitbestimmen, was für ein Phänomen bei einem Reizbestand auftritt. Was heißt das physiologisch im Sinne der Wertheimerschen Theorie? Zunächst für den Fall der Bewegung: „Wie immer man zentrale Fundierung der Aufmerksamkeit denken mochte, immer ist zu formulieren: einer Stelle, an der das Aufmerksamkeitsfundierende ... vorhanden ist, kommt erhöhte Disposition für Erregungen zu“ (12, S. 88/9). Daraus folgen die mitgeteilten Ergebnisse. Allgemein gesprochen: Aufmerksamkeit kann die Querfunktionen verändern, sie erweitern oder zusammenziehen. Nach unserer Theorie sind die Empfindungen also prinzipiell Vorgänge der gleichen Art wie die höchsten Gestalten, Vorgänge, die nur bis nahe an die Grenze des physiologisch Möglichen eingengt, gehemmt worden sind, also Phänomene, die im Verhältnis zu den Gestalten

nicht primär, sondern sekundär sind, da sie ja durch künstliche Isolierung aus ihnen hervorgehen. Der Unterschied zwischen dem „bildungsgesetzlich Festgelegten“ und dem durch Einübung Erworbenen, um die durch v. Kries (6) neuerdings eingeführten Begriffe zu verwenden, besteht jedenfalls zwischen Empfindungen und Gestalten nicht.

2. Und nun wenden wir uns zur letzten Frage, die ja den Ausgangspunkt unserer ganzen Untersuchung bildete. Wie haben wir uns den Einfluß der Erfahrung zu denken? Hier müssen wir uns auf unser spezielles Problem beschränken und noch ein paar Tatsachen anführen. Wir verweisen auf Wertheimers Einstellungsversuch mit Darbietung nur eines Objekts. Hier ist der Einfluß der Erfahrung deutlich: hätte man vorher nicht mehrmals zwei Objekte unter Bedingungen des Opt exponiert, so würde jetzt das eine nicht den Eindruck der Bewegung hervorrufen. Ein anderer Versuch Wertheimers ist in Fig. 4 veranschaulicht.

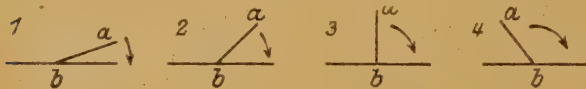


Fig. 4.

licht. Mehrmals wird Nr. 1 geboten, man sieht Balken *a* in der Pfeilrichtung umklappen, man bietet nun fortlaufend Nr. 2, 3 und 4, und auch hier, wo der Winkel größer als 90° ist, erfolgt die Drehung im gleichen Sinn, während Exposition von Nr. 4 ohne vorangegangene Nr. 1—3 die entgegengesetzte Drehrichtung ergeben hätte. Der Einfluß der Erfahrung äußert sich also hier so, daß mehrfach wiederholte Aktualisierung bestimmt gearteter Vorgänge Dispositionen schafft für gleichartige Vorgänge, so daß solche auch dann auftreten, wenn die Reizlage allein andere Reaktionen hervorgerufen hätte. Die Erfahrung braucht natürlich nicht aus den Versuchen zu stammen, sie kann dem gewöhnlichen Leben entnommen sein. Dafür brachte Linke (7) u. a. folgendes Beispiel: Die einzelnen Bilder der Fig. 5

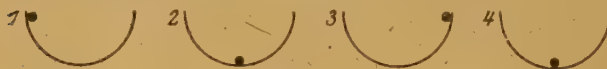


Fig. 5.

werden im Stroboskop dargeboten, nach 4 wieder 1 usw.; es entsteht der Eindruck einer auf der, wie eine Rinne aussehenden, Peripherie entlangrollenden Kugel; exponiert man die Punkte ohne Halbkreise, so hüpfte ein Punkt immer auf dem kürzesten Wege, also in gerader Linie, von einer Stelle zur andern. Daß die Bewegung entlang der Peripherie auf Erfahrung beruht, ist damit freilich noch nicht bewiesen, viel wahrscheinlicher ist, daß der Bogen, von aller Erfahrung abgesehen, die Bewegungsform modifiziert, wie man durch etwas veränderte Versuche leicht nachweisen könnte, aber es gibt zweifellos Fälle, ähnlich diesem, wo in der Tat die Bewegungsform durch Erfahrung bestimmt ist. Dann aber ist

diese Wirkung geradeso zu verstehen wie oben. Es liegt eine Disposition vor zu Querfunktionen, die dem Reizbestand adäquat, wenn auch nicht notwendigerweise am adäquatesten, ist, und diese Disposition beeinflusst die Reaktion. Es ist nicht so, daß frühere Erfahrungen gesondert lebendig werden und mit dem Reizgebundenen verschmelzen, sondern auf Grund der Reize und der alten Disposition entsteht ein bestimmter spezifischer Gesamtvorgang.

Wir haben es hier mit sehr einfachen Erfahrungseinflüssen zu tun, und es ist eine ungeheuer wichtige und brennende Aufgabe der Psychologie, ganz allgemein den Einfluß der Erfahrung auf die Wahrnehmung zu erforschen. Wir haben hier wenigstens einen Ausblick gewonnen auf die Richtung, in der die Lösung liegen mag. Erfahrung, als Grundlage des Gedächtnisses, ist nicht ein rein passives Verhalten, es kommt darauf an, daß *Spezifisches geschieht*, es wird, schon bei der ersten Wahrnehmung, vom Organismus eine *Leistung* verlangt¹⁾. Diese Leistung, darin besteht die Wirkung des Gedächtnisses, geht nach ihrer Beendigung dem Organismus nicht völlig verloren, sondern der Organismus reagiert, wenn er wieder in ähnliche Situationen versetzt wird, jetzt leichter und schneller, er reagiert im Sinn der ursprünglichen Situation, auch wenn die neue Situation, von sich aus betrachtet, ein anderes Verhalten nahelegen würde. Aber wir haben keinen Grund anzunehmen, daß durch Erfahrung, d. h. *allein* durch Wiederholung einer und derselben Wahrnehmung (oder mehrerer Wahrnehmungen), und sei sie noch so häufig, etwas spezifisch Neues geschaffen würde, eine Annahme, die ja im ursprünglichen Empirismus enthalten war²⁾.

Und so mag denn ein Hinweis allgemeiner Art diese Ausführungen beschließen: v. Kries, der moderne Empirist, sieht das Grundmerkmal des Empirismus gegenüber dem Nativismus darin, daß er die räumlichen Bestimmungen unserer Sinneseindrücke ihren qualitativen und intensiven als etwas grundsätzlich anderes gegenüberstellt, verschieden in bezug auf ihre psychologische Natur, ihre Entstehung und besonders ihre Abhängigkeit von der Erfahrung (6, S. 533), worunter v. Kries ihre Wandelbarkeit und Ausbildungsfähigkeit versteht (S. 528). Für uns scheint aber dieser Unterschied zu schwinden. Der Nativismus machte nach unserer Auffassung den Fehler, daß er die „räumlichen Bestimmungen“ der Empfindungen nach dem Muster der qualitativen und intensiven deutete, daß er, mit an-

¹⁾ Auf einen verwandten Gesichtspunkt, Anpassung des Organismus an die Reize zur Verhinderung von Veränderungen, sucht neuerdings Pikler (9, 10) die ganze Wahrnehmungspsychologie zu gründen. Die Ausführung weicht radikal von den hier vertretenen Anschauungen ab, eine Diskussion ist hier nicht möglich.

²⁾ Diese Annahme hat der Nativismus mit Recht bekämpft. Eine ausführliche Diskussion findet man schon bei Stumpf (11).

den Worten. diese Phänomene mit dem alten Empfindungsbegriff bestimmen wollte. Wir sind aber auf dem umgekehrten Weg, wir streben danach, das, was man früher Empfindung nannte, von der Gestalt aus zu begreifen. Dann fällt aber der Gegensatz zwischen Empirismus und Nativismus, wie ihn *v. Kries* formuliert, in sich zusammen, überall haben wir es mit plastischen Gebilden zu tun, und aus der Vereinigung zweier getrennter Gebiete, die auch der Nativismus nicht überbrücken konnte, entsteht eine mächtige Fülle von neuen Problemen für die Forschung.

Literaturverzeichnis.

1. *V. Benussi*, Versuche zur Analyse taktil erweckter Scheinbewegungen. Arch. f. d. ges. Psychol. 36, 1916.
2. *S. Exner*, Über das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Sitz.-Ber. d. Kais. Ak. d. Wiss. (Wien). Math.-Nat. Cl. Bd. 57, 3. Abtlig., 1876.
3. *H. v. Helmholtz*, Handbuch der physiologischen Optik, 1. Aufl. 1856—66, 2. Aufl. 1885—96, 3. Aufl. in Gemeinschaft mit *A. Gullstrand* und *J. v. Kries* herausg. von *W. Nagel*, 3 Bde., 1909—11.
4. *K. Koffka*, Beiträge zur Psychologie der Gestalt- und Bewegungserlebnisse. Einleitung vom Herausg. 1. Untersuchungen von *F. Kenkel*, Ztschr. f. Psychol. 67, 1913.
5. Dgl. II. Kinematoskopische Untersuchungen von *A. Korte*, ebenda 72, 1915.
6. *J. v. Kries* in *Helmholtz*, Physiologische Optik III⁴ (s. Nr. 3).
7. *P. F. Linke*, Die stroboskopischen Täuschungen und das Sehen von Bewegungen. Psychol. Stud. 3, 1907.
8. *P. F. Linke*, Grundfragen der Wahrnehmungslehre. München 1918.
9. *J. Pikler*, Empfindung und Vergleich. Zeitschr. f. Psychol. 69, 1914.
10. *J. Pikler*, Sinnesphysiologische Untersuchungen. Leipzig 1917.
11. *C. Stumpf*, Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig. 1873.
12. *M. Wertheimer*, Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegungen. Ztschr. f. Psychol. 61, 1912. S. 161—265. (Auch als Frankfurter Habilitationsschrift.)
13. *W. Wundt*, Grundzüge der physiologischen Psychologie, 6. Aufl., 2. und 3. Bd., 1910/11.

Über Meteorpapier.

Von Dr. Bruno Schröder, Breslau.

In einer Zeit, in der einerseits empfindliche Papierknappheit und andererseits beinahe ausschließlicher Papiergeldumlauf herrschen, in der wir in Ermangelung anderer Rohstoffe unsere Wäsche, Kleider, Decken, Vorhänge und selbst Bindfaden aus Papier herstellen, ist es vielleicht angebracht, einer besonderen Art von Papier zu gedenken, das fast unbekannt ist, von dem aber selbst ernsthaft zu nehmende Leute früherer Zeiten glaubten, daß es vom Himmel gefallen sei, und es deshalb *Meteorpapier* genannt haben.

Die erste dem Verfasser darüber bekannt gewordene Nachricht stammt aus dem Jahre 1639. Damals fand man auf Feldern in der Nähe eines Sees

in Norwegen eine dichte, weiße, der englischen feinen Leinwand oder dem chinesischen Papier ähnliche Masse, die an *Simon Pauli*, Professor der Botanik in Rostock, gesendet wurde, der jedoch nichts mit ihr anzufangen wußte.

Weit bekannter wurde eine papierartige Masse aus Kurland. Es wird darüber erzählt, daß ein Arbeiter am 31. Januar 1686 nachmittags während eines stürmischen Schneewetters die ganze Fläche an einem Teiche bei dem Dorfe Rauden, sieben Meilen nördlich von Memel, mit einer kohlschwarzen, blättrigen oder papierartigen Substanz bedeckt sah, die vormittags noch nicht da war. Von ihr erzählte ihm sein Nachbar, daß er sie flockenweise habe aus der Luft fallen sehen. Die Kunde davon verbreitete sich schnell, und viele gingen hin, um sich diese rätselhafte Erscheinung anzusehen. Man fand dort auch Stücke, die wie ein Tisch groß waren und fingerdick übereinander lagen. Sie waren in feuchtem Zustande übelriechend wie Seetang, der fault, trocken jedoch geruchlos. Beim Zerreißen waren sie faserig fast wie Lösch- oder Druckpapier.

Auch die damalige gelehrte Welt geriet über diesen „Papierschnee“ in ziemliche Aufregung. Dr. *Johann George Weygand*, ein Arzt zu Goldingen in Kurland, meinte, man habe es hier mit wirklichem Papier zu tun, das von einem in der Ostsee gestrandeten Schiffe aus ans Land gespült sei. Es hätte dann in Ballen eine Zeitlang zwischen Seetang an der Küste gefault und daher Farbe und Geruch bekommen. Nach dem Trocknen wäre es wahrscheinlich durch die gerade zu dieser Zeit wehenden orkanartigen Nordostwinde in der Luft weit fortgeführt worden.

Mit dieser Erklärung konnte sich der Professor der Medizin Dr. *Philipp Jakob Hartmann* in Königsberg in seiner *Exercitatio generatione mineralium, vegetabilium et animalium in aëre* 1688 nicht zufrieden geben, sondern er behauptete, daß hier ein Meteor stattgehabt hätte, indem die papierartige Masse aus der Luft in zusammenhängenden Stücken niedergefallen sei, die der Sturm nachträglich zerrissen habe. Der Physiker *Chladni*, der durch die nach ihm benannten Klangfiguren auch heute noch allgemein bekannt ist, führte diese Nachricht in seinen Untersuchungen über die Feuermeteore von 1819 an und zählte jene vom Himmel gefallenen Papiermassen zu den weichen Meteoren, jedoch „fraglich“. Noch 1825 rechnete *Nees von Esenbeck*, der Präsident der Leopoldinisch-karolinischen Gesellschaft zu Halle, in dem Anhang über Meteororganismen zu *Robert Browns* Aufsatz über den roten Schnee die Masse des kurländischen Meteorpapiers „zu den wahrscheinlichen Aerophyten“.

Mittlerweile war auch die Chemie der Frage nach der Beschaffenheit des Meteorpapiers nähergetreten. *H. v. Grotthuß* stellte 1819 eine chemische Untersuchung der Papiermasse aus Kurland an, von der er einige Reste im Nachlasse seines

frühverstorbenen Vaters fand. Die Analyse ergab Kieselerde, Kalkerde, Kohlenstoff, Bittererde und überdies Spuren jener drei damals als die Meteore charakterisierend angesehenen Bestandteile, nämlich Schwefel, Nickel und Chrom. Daraus schloß *v. Grotthuß* auf den sicheren meteorischen Ursprung der kurländischen Papiermasse. Er sandte Material davon an *v. Berzelius* in Stockholm, damit dieser sein Urteil über den Nickelgehalt des Meteorpapiers abgebe, worauf letzterer dem Einsender mitteilte, daß er in den von ihm untersuchten Proben keine Spur von Nickel habe entdecken können. Nach einer erneuten Untersuchung bekam *v. Grotthuß* ebenfalls kein Nickel, sondern mußte zugeben, daß er Schwefeleisen für Schwefelnickel gehalten habe. Gleichzeitig wies er aber die Meinung eines anderen Chemikers zurück, der eine Ähnlichkeit des Meteorpapiers mit dem Verhalten von Oscillarienschlamm gefunden hatte, weil dieses beim Verbrennen keinen Ammoniak entwickle.

Im Laufe der Zeiten hatte man noch anderwärts solche papierartige Massen gefunden. Man bewahrte sie in Naturaliensammlungen als seltene Kuriositäten für die staunende Mit- und Nachwelt auf. Gelegentlich ließen sich auch die „Naturkundigen“ darüber aus; es würde jedoch zu weit führen und auch nicht lohnen, etwas davon mitzuteilen, was die Phantasie dieser Biedermänner zuwege brachte. Erwähnt sei nur von *J. H. Kniphof* eine „Physikalische Untersuchung des Peltzes, welchen die Natur durch Fäulnis auf einigen Wiesen im Jahre 1752 hervorgebracht hat“. *John Strange* aber schrieb 1764 über eine *Carta naturale di Cortona*, daß Wasserpflanzen, die Conferven des *Pinnus*, diese papierartige Masse gebildet haben.

Erst im zweiten Drittel des 19. Jahrhunderts wurde das Rätsel des Meteorpapiers endgültig gelöst, und zwar durch *Christian Gottfried Ehrenberg*. Dieser hatte auf seinen mannigfachen Weltreisen die trockene Stubengelehrsamkeit mehr mit natürlicher Anschauung vertauscht und kannte derartige Filz- oder Watteüberzüge von Fadenalgen aus der Klasse der Confervaceen auf überschwemmt gewesenen Wiesen und eingetrockneten Sümpfen der Mark Brandenburg. Er wußte demgemäß, daß diese Bildungen „nicht in der Luft erzeugt, sondern das offenbare Erzeugnis eines sumpfigen Erdreiches seien“. Außerdem hatte er eine ihn sehr interessierende Angabe in dem 1736 zu Breslau erschienenen Buche: *Rariora artis et naturae*, von Dr. *Kundmann* gelesen, nach der im genannten Jahre die Oder in Schlesien eine große Überschwemmung verursachte. „In dieser Zeit sah man denn, nachdem das Wasser sich verlaufen, auf allen überschwemmten Orten eine dichte, zähe Haut auf dem schäumenden Rasen, welche, als sie völlig ausgetrocknet, so fest wie Leder wurde, daß man sie kaum der Quere hindurchreißen konnte und der Huatte oder Watte sehr gleich sah. Diese war von Farbe

weiß oder gelblich oder rotbraun, oberseits ganz glatt, so daß man darauf schreiben konnte; unterseits aber wie rasche Seide anzufühlen, zusammen oft einen Finger dick. Welche Haut, weil insonderheit die weiße ganz sonderbar aussah, haben Ihre Exzellenz der allhiesige K. u. K. Oberamts-Direktor sie wert erachtet, selbige nach Wien an Ihre K. u. K. Majestät zu übersenden, da der Hof diese nicht genugsam bewundern können.“ — *Ehrenberg* hatte dieser Papiermasse in seinem großen Werke: Die Infusionstiere als vollkommene Organismen, 1838, Erwähnung getan. Die Veranlassung dazu, sich mit dem Meteorpapier von Kurland zu befassen, war für ihn eine Abhandlung von Prof. *Kersten* in Freiburg i. S., der eine feine, lederartige pflanzliche Substanz chemisch analysiert hatte, die bei Schwarzenberg im Erzgebirge auf einer Wiese gefunden wurde und als feuerbeständige Teile in der Asche Kieselerde, Eisen und Mangan enthielt. Die Entstehung dieser lederartigen Substanz war durch die chemische Analyse nicht klargestellt worden, doch konnte *Ehrenberg* den Nachweis führen, daß *Conferva capillaris* und *C. punctalis* nebst Fäden von *Oscillaria* ihre organischen Hauptbestandteile waren, während ein dem Seidenpapier ähnliches gelbliches Meteorpapier aus Schweden von diesem Forscher als aus *Oedogonium vesicatum* bestehend erkannt wurde. Dabei war er als erster zu der Überzeugung gekommen, wie wichtig die mikroskopische Analyse für unbekannte Substanzen ist, deren wahre Natur man erkennen will. Deshalb nahm er sich auch das kurländische Meteorpapier, das er aus den Sammlungen von *Chladni* und *v. Grotthuß* erhielt, unter das Mikroskop und konnte damit nachweisen, daß es hauptsächlich von *Conferva crispata* mit Spuren einer *Nostoc*- oder *Linkia*-ähnlichen Alge gebildet ist. Zur genaueren Erläuterung der vielbesprochenen und auffallenden Naturerscheinung des kurländischen Meteorpapiers wollte *Ehrenberg* noch weiterhin auf andere geschichtlich beglaubigte, rein terrestrische Erscheinungen ähnlicher Art vergleichend aufmerksam machen, und darum wandte er sich unter anderem an Professor *Göppert* in Breslau, der in dortigen alten Sammlungen nachsehen sollte, ob sich nicht noch größere Mengen von Meteorpapier auffinden lassen. Es sollte entschieden werden, wie weit jene offenbar durch einen Orkan in die Luft geführte Papiermasse von Kurland in derselben getragen worden sei, ob sie vielleicht aus einer sehr fernen Erdgegend weggeführt und dort erst niedergefallen und ob nicht in diesen Massen noch Blätter, Blüten oder Samen erkennbarer Pflanzen angeheftet wären, aus denen man noch den Entstehungsort der Substanz wissenschaftlich sicher herleiten könne.

Leider ist *Göppert* vom kurländischen Meteorpapier von 1686 in Breslau nichts mehr zu Gesicht gekommen, aber er fand in der Bibliothek zu St. Bernhardin vier große Stücke einer ähn-

lichen natürlichen Papiermasse, die aufgerollt 34 Fuß lang und 2—4 Fuß breit waren. Man hatte sie unter dem Namen „Oderhaut“ aufbewahrt, und Göppert vermutete, daß sie aus dem Unglücksjahre 1736 herrührte, von dem Kundmann berichtet hatte. Sie glichen in Farbe und Festigkeit grauem Packpapier. Die obere feste Schicht ließ sich leicht von der unteren, weniger dicht verfilzten, welche bräunlich und an manchen Stellen sogar grünlich war, trennen. Auf der Unterseite konnte man zahllose Blätter und Wurzeln von Gräsern (*Glyceria fluitans* und *G. spectabilis*), ebenso auch Schneckenhäuschen (*Planorbis*) sehen. Beim Aufweichen fand Göppert, daß das ganze Gebilde fast ausschließlich aus *Cladophora fracta* var. *viadrina*, einer grünen Fadenalge, bestand, vermischt mit vielen kleinen Wassertieren und Larven von Insekten. Er sandte diese Oderhaut an Ehrenberg, der in ihr außerdem noch 19 Arten von „Infusorien“ feststellte und damit den Grundstein und ersten Beitrag zur Kenntnis schlesischer Kieselalgen lieferte.

Im Juni 1849 machten Göppert und Ferdinand Cohn eine phytologische Exkursion nach dem Osten von Breslau auf die sog. Morgenauer Wiesen, jene feuchte Landzunge, die zwischen der Oder und der Mündung der Ohle liegt und bei Überschwemmungen dieser Flüsse an tieferen Stellen von ihnen herrührende Wasserlachen aufweist. Dort sahen die beiden eine der Lachen von einem dichten, schwimmenden, grünen Filz überzogen. Der Rand der Lache war einige Fuß nach oben hin rings von einer trockenen, gelblich-grünen oder grauen, mehr oder weniger dicht zusammengewebten Haut bedeckt, die teils glatt und dick wie grobes Packpapier, teils lockerer wie Sackleinwand, Bastgewebe, Werg oder Heede aussah. Sie zog sich nach unten hin unmittelbar in den schwimmenden Confervenfilz hinab und lag teilweise der Erde auf, teilweise war sie von den den Rand der Lache umsäumenden Gräsern in die Höhe gehoben, durchbrochen oder auch zerrissen. Göppert und Cohn wurden sofort an die unter dem Namen „Wiesentuch, Wiesenwatte, Wiesenleder, Flußwatte, Oderhaut oder Meteorpapier“ bekannten Confervenhäute erinnert, die Ehrenberg mikroskopisch untersucht hatte, und sie stellten dabei fest, daß die Seltenheit dieser Bildungen auf dem notwendigen Zusammenreffen von mehreren biologischen und physikalischen Bedingungen beruht, zu denen das reichliche Vorkommen gewisser Fadenalgen, rasches Abnehmen des Überschwemmungswassers, in dem sie leben, und ein Boden notwendig ist, der seine Feuchtigkeit nicht lange hält, sondern infolge intensiver Einwirkung der Sonnenhitze ein Zusammentrocknen der aus dem Wasser zurückbleibenden Conferven vor ihrer Zersetzung gestattet. Diese Haut wurde nun daheim einer sorgfältigen mikroskopischen Analyse unterworfen und die in ihr gefundenen Organismen systematisch bestimmt. Sie erwies sich auch aus *Cladophora*

fracta var. *viadrina* gebildet; an und zwischen deren Fäden zahlreiche Kieselalgen lebten, deren Vertreter fast genau dieselben waren, die Ehrenberg in der Oderhaut von St. Bernhardin zu Breslau gefunden hatte, so daß also über 100 Jahre an der gleichen oder nahezu gleichen Örtlichkeit ganz die gleichen Mikroorganismen nach Art und Zahl sich vorfanden. Göppert und Cohn sahen darin einen Beweis, daß diese bisher für Kosmopoliten gehaltenen Wesen „ebenso gut eingesessene, echte Bürger des organischen Reichs in jedem Lande sind, wie die größeren Tiere und Pflanzen, und daß es daher möglich sei, die mikroskopische Flora und Fauna eines Landes ebenso nach Fundorten bestimmt anzulegen, wie wir es bisher nur für höhere Tiere und Pflanzen gewohnt waren, und wie eine solche für Schlesien vorzubereiten wir uns zur Aufgabe gestellt haben“.

Ende Oktober 1854 fand F. Cohn auf einem Kartoffelacker bei Breslau, welcher durch eine Oderüberschwemmung unter Wasser gesetzt gewesen war, eine andere Oderhaut aus Fäden von *Sphaeroplea annulina*, die einen schön mennig- oder zinnoberroten Filz bildeten, wie ihn Ehrenberg bei Berlin und Treviranus bei Bremen von derselben Alge beobachteten.

In seiner „Höhenflora des Altvaters“ beschrieb Kolenati aus Brünn 1860 eine ähnliche Bildung von der Mittelloppaquele auf dem Leiterberge im mährischen Gesenke der Sudeten. Er nannte sie deshalb „Oppahaut“. Sie bestand aus *Lyngbya sudetica* und wuchs zwischen Moosen der Quelle als eine ziemlich ausgebreitete, dicke Haut von rötlicher bis bläulicher oder dunkelgrüner Farbe. Hansgirg gibt wattenartige Confervenfilze von *Cladophora fracta* var. *viadrina* in seiner Algenflora von Böhmen 1886 am Rande von Elbtümpeln bei Leitmeritz und Lobositz an, und J. Nave ebensolche von den Marchwiesen bei Straßnitz in Mähren. G. v. Istvanffy veröffentlichte 1890 eine ungarisch geschriebene Publikation mit einem französischen Resümé über Meteorpapier, in der er derartige Erscheinungen von 3 Orten anführt. Nach ihm kommt *Cladophora fracta* var. *viadrina* auch bei Budapest Flußwatte bildend vor, während *Lyngbya turfosa* an den Ufern des Czorbaer Sees in der Hohen Tatra weitausgedehnte, papierähnliche Überzüge von blaugrüner Farbe hervorruft. Endlich sammelte er in Torfbrüchen von Westfalen Meteorpapier aus sterilen *Oedogonium*fäden und aus *Microspora floccosa*. An den Ufern des Neusiedlersees bemerkte Stockmayer Meteorpapier aus *Rhizoclonium hieroglyphicum* und *Cladophora crispa*.

Sehr bemerkenswert ist, was Schlenker 1908 in seinen „Geologisch-biologischen Untersuchungen von Torfmooren in Württemberg und Baden“ über das Meteorpapier mitteilt. Dort zeigte sich ein solches, das aus *Anabaena* bestand, zwischen deren perlschnurartigen Fäden verschiedene Desmidiaceen und Zygnemaceen, seltener Blothrichaceen und Oedogoniaceen sich vorfanden, die

einen dünnen, bläulichgrünen Teppich bildeten. Wer schon einmal über ein Hochmoor gegangen ist, der kennt jene kleineren oder größeren Torftümpel, deren Entstehung bisher unbekannt war. In ihnen wächst meist *Sphagnum*. In dem Wasser, das darüber steht, wuchern zuweilen dichte Watten von Confervaceen und Zygnemaceen. Tritt längere Trockenheit im Sommer ein, so senken sich diese Fadenalgen wie eine Decke auf die sehr licht- und luftbedürftigen Torfmoose, so daß diese darunter ersticken und eine vegetationslose Mulde entsteht, die durch den Winterfrost noch schärfer ausgeprägt und umrandet werden kann. Zur Regenzeit und zur Zeit der Schneeschmelze werden diese Mulden wieder mit Wasser gefüllt, dessen auch nur leichter Wellenschlag oft dem Torfmoose nicht zusagt und den Rand der Mulde zuweilen noch weiter ausnagt, so daß ihn das *Sphagnum* nicht so leicht zurückzuerobern vermag.

Solche Meteorpapierdecken auf Hochmooren hat auch der Verfasser mehrfach gefunden, zuerst 1900 im Landstuhlmoor bei Kaiserslautern in der Rheinpfalz und 1917 auf den Seefeldern bei Reinerz sowie auf der Iserwiese in Schlesien. Sie traten im ausgetrockneten Zustande als schmutzig-violette Häute auf, die in der Sonnenhitze zerrissen, eigentümlich uhrglasartig gewölbt und aus Fäden von *Oedogonium*, *Microspora*, *Binuclearia* und verschiedenen Zygnemaceen zusammengesetzt waren.

So hat sich mit der Erforschung des durch Grün- und Blaualgen gebildeten Meteorpapiers, das sowohl in der Ebene wie auf Bergeshöhen an Flußufern, Teichen und Seen, wie auf Hochmooren in vielerlei Farbtönen vorkommt, die Wissenschaft durch fast drei Jahrhunderte bis in die heutige Zeit mit mehr oder weniger Erfolg beschäftigt, nicht nur die Botanik, sondern auch die Physik, die Chemie und die Geologie. Man gelangte zu dem allgemeinen Ergebnis, daß dadurch die Wichtigkeit der mikroskopischen Analyse zuerst zu ihrem Rechte kam, daß die Grundlage zu einer Flora und Fauna niederer Organismen gelegt und die Bildung der Torflachen auf Mooren erklärt wurde, und es ist nur zu bedauern, daß das Meteorpapier unserer heutigen Papiernot nicht abzuhelpen vermag.

Leistungen der Chemie in der Gegenwart.

Von Prof. Dr. H. Staudinger, Zürich¹⁾.

Seit einer kurzen Spanne Zeit stehen wir am Beginne einer neuen Periode der Menschheitsgeschichte, die viel rascher und unvermittelter eingesetzt hat, als der Übergang vom Mittelalter in die neue Zeit, und die sich einschneidend von der vergangenen Periode unterscheidet. Vom 16.

bis 17. Jahrhundert ab wurden durch Erforschung der Naturvorgänge nach wissenschaftlichen Methoden die Erkenntnisse und Entdeckungen möglich, die das Zeitalter der Technik einleiteten. Diese neueste Periode wird durch die Ausnutzung der Kohle charakterisiert. Die heutige Menschheit hat die in der Gestalt der Kohle in der Erde schlummernde Sonnenenergie vergangener Erdperioden zu neuem Leben erweckt und für sich nutzbar gemacht. Sie erhält so einen ungeheuren Kräftezuwachs, über dessen Größe man sich ungefähr eine Vorstellung machen kann, wenn man die Arbeitsmenge schätzungsweise berechnet, die sich durch die jährlich produzierte Kohle gewinnen läßt. Man bekommt so einen zum Vergleich brauchbaren Durchschnitt, und es ist einerlei, ob dabei die Kohle wirklich in Maschinen oder Lokomotiven zur Arbeitsleistung verbrannt wird, ob sie zur Eisenherstellung dient, oder ob wir aus ihr Leuchtgas, Arzneimitteln, Farbstoffe oder Sprengstoffe gewinnen; wir haben immer entweder einen Arbeitszuwachs oder eine Arbeitersparnis. Die im Jahre 1912 geförderte Kohlenmenge betrug 1245 Millionen Tonnen, also ungefähr 100 Millionen Eisenbahnwagenladungen. Beim Verbrennen dieser Kohlenmenge in Maschinen hätte man, wenn man eine nur 10-proz. Ausnutzung dabei annimmt, 489 Millionen Pferdekraftjahre à 3000 Arbeitsstunden gewinnen können. Amerika, England und Deutschland sind die Hauptkohlenproduktionsländer; auf sie entfallen nach solcher Rechnung 179 resp. 97,5 Millionen Pferdekraftjahre. Die andern Länder, z. B. Österreich-Ungarn mit 12,7 Millionen, Frankreich mit 15,1 Millionen, Rußland mit 11,4 Millionen, Italien mit 9,3 Millionen Pferdekraftjahren sind im Vergleich zu den genannten drei Hauptindustrieländern in technischer Hinsicht von geringerer Bedeutung¹⁾. In den Industrieländern dagegen kommen heute auf den Kopf der Bevölkerung ca. 1—2 Pferdekraftjahre; gewissermaßen besitzt also dort jeder erwachsene Mensch im Durchschnitt während seiner Arbeitszeit eine Hilfe, die 3—5 Pferdekraften entspricht. Vor 40—50 Jahren war die Kohlenproduktion noch so gering, daß sie kaum in Betracht kam, vor 100 Jahren war der Mensch lediglich auf seiner Hände Arbeit angewiesen, die Haustiere waren damals fast die einzige in Betracht kommende Arbeitshilfe²⁾.

Wir haben also den Wendepunkt zweier Zeitalter miterlebt. *Hinter uns in der Vergangenheit liegt die energiearme Zeit. Seit 20—30 Jahren kann der Mensch Kräfte für sich arbeiten lassen, welche die seinigen bei weitem übersteigen; die*

¹⁾ Genauere Zahlen befinden sich in einem Artikel des Verfassers „Technik und Krieg“ in der Friedenswarte, Jahrgang 1917, Heft 7.

²⁾ Die verfügbaren Wasserkräfte sind im Vergleich zu der Arbeitsmenge, die sich aus der Kohle gewinnen läßt, gering. Die in der Schweiz vorhandenen Wasserkräfte können z. B. auf 2,5 Millionen PS geschätzt werden, von denen 0,5 Millionen ausgenutzt werden.

¹⁾ Gekürzte Wiedergabe eines am 21. Februar 1918 in Zürich gehaltenen Vortrages.

von der Technik produzierten Kräfte sind weit mächtiger als die menschlichen geworden.

An der Herbeiführung dieser neuen Zeit hat die Chemie sehr wesentlich mitgewirkt, und umgekehrt wurde sie, wie ja überhaupt die gesamte Technik, ungeheuer davon beeinflusst. Von besonderer Bedeutung sind die Änderungen in der Eisenindustrie. Mit dem alten Holzkohleverfahren wäre z. B. die Gewinnung so großer Eisenmengen nie möglich gewesen, wie sie heute aus den Eisenerzen mit Kohle bzw. Koks leicht zu erreichen ist. Die Weltproduktion an Roheisen betrug im Jahre 1800 0,8 Millionen Tonnen, 1860 7,4 Millionen Tonnen und 1912 75 Millionen Tonnen. Sie ist also in 100 Jahren hundertmal größer geworden, speziell in den letzten 2 bis 3 Jahrzehnten war die Produktionssteigerung des Eisens wie der Kohle ganz besonders erheblich.

Dieser plötzliche Aufschwung ist durch bedeutsame *Umwälzungen in der Sprengstofftechnik* in den letzten Jahrzehnten mit bedingt. Es mußten gewaltige Mengen stark wirkender Sprengstoffe bereitstehen, um die Förderung so großer Mengen von Kohle und Eisenerz zu ermöglichen, und diese Umänderung in der Sprengstofftechnik hat natürlich auch die moderne Kriegführung auf das einschneidendste beeinflusst. In den vergangenen 5—600 Jahren war das Schießpulver der einzig angewandte und bekannte Sprengstoff. Der zu seiner Herstellung nötige Salpeter wurde aus der Levante und aus Indien bezogen, ferner wurde er in einer Reihe europäischer Staaten, hauptsächlich in Frankreich, das unabhängig vom Salpeterimport sein wollte, in Salpeterplantagen gewissermaßen gezüchtet. Die frühere Salpeterproduktion war gering und — was hauptsächlich für die damaligen Kriege von Bedeutung war — sie konnte nicht plötzlich stark gesteigert werden, da hauptsächlich die Salpetergewinnung in Plantagen ein langandauernder Prozeß war. Mit der Auffindung und der Ausbeutung der Salpeterlager in Chile stehen heute plötzlich weit größere Salpetermengen zur Verfügung. Die Salpeterausbeutung in Chile, die im Jahre 1830 nur 100 t. im Jahre 1870 nur 100 000 t betrug, stieg vom Jahre 1890 plötzlich auf 1 Million Tonnen, bis zum Jahre 1912 auf eine solche von 2½ Millionen Tonnen. Und dieser Salpeterexport, der in Friedenszeiten der Landwirtschaft ein wertvolles Düngemittel lieferte, ist jetzt während des Krieges noch weiter gestiegen, obwohl die Zentralmächte, die starke Abnehmer für Salpeter waren (fast 1 Million Tonnen), jetzt völlig von der Einfuhr ausgeschlossen sind.

In neuester Zeit kann man aber auch den zur Herstellung von Sprengstoffen nötigen Salpeter bzw. die Salpetersäure aus dem Stickstoff der Luft herstellen; man kann die Vereinigung des Stickstoffs und des Sauerstoffs der Luft durch Elektrizität erzwingen. Solche Verfahren werden in Norwegen und in der Schweiz durchgeführt; sie sind dort rentabel, wo Wasserkräfte

die Elektrizität billig liefern. Man kann aber auch Ammoniak durch Verbrennung in Salpetersäure umwandeln, und dieses letztere Verfahren ermöglicht es Deutschland, das ja keinen Chilesalpeter mehr beziehen kann, Mengen von Sprengstoffen herzustellen, die denen der Entente ungefähr gleich sind. Das nötige Ammoniak wird als ein wertvolles Nebenprodukt bei dem Kokereiprozeß gewonnen, und der Krieg mit seinem großen Bedarf an Eisen und so auch an Koks produziert gewissermaßen automatisch auch das Ammoniak, die Salpetersäure, um das Eisen auch als Geschloß verwenden zu können. Die Produktion an Ammonsulfat betrug in Deutschland vor dem Kriege ca. ½ Million Tonnen, eine etwas geringere Menge lieferte England, die Produktion ist in beiden Ländern während des Krieges beträchtlich gesteigert worden⁴⁾. Ammoniak kann aber auch weiter sehr billig nach dem Haberschen Verfahren aus Luftstickstoff hergestellt werden; dabei wird Stickstoff und Wasserstoff bei höherer Temperatur durch hohen Druck zur Vereinigung gebracht. Man kann also nach diesem oder nach noch anderen Verfahren Luftstickstoff in Salpetersäure umwandeln, wenn Kraftquellen, Kohle oder Wasserkräfte, zur Verfügung stehen.

Die großen Mengen von Salpeter bzw. Salpetersäure dienen aber heute nicht mehr zur Gewinnung von Schießpulver. Man kann seit wenigen Jahrzehnten *neue Sprengstoffe* herstellen, die gewissermaßen die Kohle und den Salpeter des Schießpulvers in innigerer Verbindung enthalten, und die das Schießpulver an Wirksamkeit bei weitem übertreffen. Diese modernen Sprengstoffe sind nicht nur für die Erz- und Kohlenförderung von großer Bedeutung, der moderne Krieg mit seiner Zerstörung gibt ebenfalls Zeugnis von diesem Fortschritt.

Zu den modernen Sprengstoffen gehört das Nitroglycerin, der Dynamit, der aus Salpetersäure und Glycerin, einem Bestandteil der Fette, gewonnen wird. Letzteres wird aber auch bei dem großen Konsum während des Krieges aus Zucker hergestellt. Der Kokereiprozeß liefert ferner neben Koks für die Eisen- und Stahlgewinnung, neben dem Ammoniak zur Herstellung der Salpetersäure auch Benzol, Toluol und andere Bestandteile des Steinkohlenteers, die zu Sprengstoffen von mächtiger Wirkung verarbeitet werden, so das Phenol zu Pikrinsäure, das Toluol zu Trinitrotoluol. Es ist den Hauptindustrieländern möglich, Hunderttausende von Tonnen dieser Sprengstoffe aus jenen Ausgangsmaterialien herzustellen. *Schönbein* hat 1845 die Schießbaumwolle entdeckt, die nach langen mühsamen Versuchen 1886 als rauchloses Pulver zuerst in der französischen Armee eingeführt wurde und in rascher Folge dann auch bei den Armeen aller Kulturstaaten Eingang fand. Heute kann man

⁴⁾ Deutschland produzierte 1917 700 000 Tonnen Ammonsulfat.

gerade von diesem Sprengstoff ganz besonders große Mengen herstellen, da man statt Baumwolle Holzstoff (Cellulose) verwenden kann (Papiernot), und so hat es die Technik jetzt erreicht, aus dem Holz der Wälder und dem Stickstoff der Luft unter Benutzung von Kohle als Kraftquelle im Vergleich zu früher unbegrenzte Mengen von Sprengstoffen herzustellen.

Chemie und Technik haben also der heutigen Generation ungeheure Machtmittel in die Hand gegeben, die Intensität des modernen Krieges ist darauf zurückzuführen. Befangen aber in alte Vorstellungen, der Machtmittel in ihrem ganzen Umfange noch nicht bewußt, gingen die Völker in diesen Krieg, in dem die Wucht der technischen Kräfte, die gegeneinander anprallen, die menschlichen Kräfte, die am Kampf sich beteiligen, bei weitem übersteigen. Dies unterscheidet den jetzigen Krieg von allen vorhergegangenen. Im siebziger Krieg hatte Deutschland nur 6,7 Millionen Pferdekraftjahre zur Verfügung, zu Beginn des Weltkrieges besaßen die Zentralmächte 90,7 Millionen Pferdekraftjahre. Bei den früheren Kriegen kamen diese technischen Kräfte überhaupt nicht in Betracht.

Aus dem Salpeterexport Chiles kann man auch ungefähr eine Vorstellung gewinnen über die Munitionsmengen, die während des Krieges verbraucht wurden; so dürften im Jahre 1917 mindestens $1\frac{1}{2}$ bis 2 Millionen Tonnen Salpeter auf seiten der Entente zu Sprengstoffen verarbeitet worden sein, was einer Produktion von ungefähr ebensoviel Sprengstoffen entspräche. Das wäre also eine Menge von ca. 500 Eisenbahnwaggons täglich¹⁾. Etwa die gleiche Menge mußte von den Zentralmächten fabriziert werden, eine enorme Leistung der deutschen Technik, da sich vor dem Krieg die Gewinnung der synthetischen Salpetersäure erst in kleinen Anfängen befand²⁾. Vergleicht man diese Zahlen mit dem Salpeterverbrauch in früheren Kriegen, der z. B. im spanischen Erbfolgekrieg von seiten Frankreichs 1000 bis 2000 t, in den napoleonischen Kriegen 10 bis 20 000 t pro Jahr betragen haben mag, so ist der Gedanke nicht abzuweisen, daß im vergangenen Jahr des Weltkrieges mehr zerstörende Energie in Form von Sprengstoffen verbraucht wurde,

als in sämtlichen Kriegen von Beginn des XV. Jahrhunderts bis 1870.

Bedeutungsvoll für den Krieg sind dabei nur die genannten Hauptindustrielländer: Deutschland, England und Amerika; denn nur sie haben die Möglichkeit einer ausgedehnten Eisen- und Stahlbeschaffung, nur sie können diese ungeheuren Sprengstoffmengen produzieren; die anderen am Krieg beteiligten Länder sind gewissermaßen nur Trabanten dieser Industriestaaten, abhängig von diesen Kraftzentren und in technischem Sinne einflußlos für den Kriegsverlauf, so groß auch die Opfer und Leiden der einzelnen Länder sein mögen.

So interessant es wäre, den Verlauf dieses Krieges unter diesen Gesichtspunkten näher zu beleuchten³⁾, so sehe ich davon ab; es soll nur noch auf eine neue Betätigung der Chemie aufmerksam gemacht werden. In diesem Kriege kommt seit einiger Zeit von beiden Parteien eine neue Waffe zur Verwendung, die bei früheren Kriegen nicht geführt wurde und auch nicht angewandt werden konnte, das Gift.

In früheren Jahrhunderten waren ja schon einige Gifte bekannt, aber sie waren so selten und meist in so geringer Menge zugänglich, daß eine ausgedehnte Verwendung ganz ausgeschlossen war. Und viele der heutigen Gifte kennt man erst seit kurzer Zeit. Die Blausäure wurde z. B. erst 1766 von Scheele entdeckt, die blausauren Salze (das Cyankalium) waren noch bis Mitte des vorigen Jahrhunderts in kleinen Mengen hergestellte Laboratoriumspräparate, bis Ende des vorigen Jahrhunderts die Goldextraktion mit Cyankali hauptsächlich in Südafrika aufgenommen wurde. 1890 mag die Weltproduktion an Cyankali 120 t betragen haben, 1913 kann man sie dagegen auf mindestens 22 000 t schätzen.

Und diese Giftwaffe ist deshalb besonders furchtbar, weil, was vielleicht in nicht fachmännischen Kreisen nicht bekannt ist, gerade die fürchterlichsten Gifte von der chemischen Großindustrie leicht herzustellen sind. Sollten sich die kriegführenden Mächte auf den Giftkrieg verlegen wollen, so könnte natürlich die Giftproduktion gewaltig gesteigert werden. Die Entwicklung der Luftsalpetersäureindustrie in Deutschland, die rasche Entwicklung der Farbenindustrie in Amerika zeigen ja die Leistungsfähigkeit der modernen Technik. Diese Gaswaffe kann weiter, wenn sich der Chemiker damit befaßt, für den Kriegszweck verbessert und wirkungsvoller gestaltet werden. Wie man heute statt der anfänglich unechten Farbstoffe waschechte, leuchtechte, also sehr brauchbare Farbstoffe aus dem Steinkohlenteer herstellen kann, so wird es auch der modernen Chemie gelingen, neue Gifte zu erfinden, oder die bekannten Gifte derart umzuformen, daß ihre Wirkung womöglich noch vergrößert ist, daß sie dabei von den Gasmasken weniger absorbiert

¹⁾ Die Schätzung kann natürlich ziemlich fehlerhaft sein, sie soll nur ungefähr die Größenordnung angeben.

²⁾ Im Jahre 1917 wurden nach Stoklasa in Deutschland produziert:

Ammonsulfat aus Kohle	700 000 t	=	140 000 t	Stickstoff
Kalkstickstoff	400 000 t	=	80 000 t	"
Ammoniak nach Haber		=	100 000 t	"

320 000 t Stickstoff

Im Jahre 1918 sind die Anlagen weiter vergrößert worden, so daß 425 000 t Stickstoff hätten hergestellt werden können.

Im Jahre 1913 betrug der Stickstoffverbrauch Deutschlands 242 000 t.

Angenommen, 250 000 t Stickstoff seien im Jahre 1917 auf Salpetersäure verarbeitet worden, so entspräche dies einer Salpetermenge von 1,3—1,4 Millionen Tonnen.

³⁾ Vergl. den Aufsatz des Verfassers in der „Friedenswarte“ Jahrgang 1917, Nr. 7.

werden, also für den Kriegszweck immer günstigere Waffen darstellen. Sollte dabei von einer Seite der kriegführenden Mächte ein Fortschritt erreicht werden, so könnte er natürlich bei der Internationalität von Wissenschaft und Technik sehr leicht von der anderen Seite aufgegriffen werden. Das Gesamtergebnis dieses ganzen Giftkrieges wird schließlich nur auf eine ungeheure Vernichtung, ja auf eine starke Gefährdung der gesamten Kulturmenschheit hinauslaufen.

Man wird dabei vielleicht einwenden, daß bei dem heutigen Krieg mit seinen enormen Vernichtungsmöglichkeiten es nicht von bedeutendem Einfluß ist, wenn auch diese Waffe noch hinzukommt, daß es einerlei ist, ob die Menschen in dem heutigen Krieg durch Waffen oder durch Gift beschädigt werden. Und doch dürfte dieses auf einem Irrtum beruhen, da auch bei einer schweren Verwundung durch eine Waffe das betreffende, eventuell schwer geschädigte Individuum eine gesunde Nachkommenschaft zeugen kann, während bei der Schädigung durch Gift es nicht ausgeschlossen erscheint, daß auch das Keimplasma geschädigt wird, und so auch die kommende Generation in einer vielleicht bis jetzt ungeahnten Weise unter den Folgen des Krieges zu leiden haben wird. Eine solche Schädigung des Keimplasmas ist in anderen Fällen bei Vergiftungserscheinungen ja sehr bekannt, doch sollten über diese schwerwiegende Frage auch Mediziner ihre Meinung abgeben; ein abschließendes Urteil wird man ja schwer erwarten können, da die Menschheit im Begriffe steht, dieses Experiment gewissermaßen zum ersten Mal durchzuführen. Hier ist nur die Frage aufzuwerfen, ob der Giftkrieg nur die Nächstbeteiligten angeht, oder ob er bei der Verbundenheit der Kulturmenschheit nicht eine Lebensfrage der europäischen Rasse ist?

So hat die Chemie in der Gegenwart dadurch, daß sie ungeheure Vernichtungsmöglichkeiten schuf, sehr wesentlich zu der Größe der heutigen Katastrophe beigetragen! Und doch, die Möglichkeiten wären vorhanden, daß sie auch in anderer Weise sich auswirkte, daß sie der Menschheit ihren Daseinskampf erleichterte! So könnten die großen Mengen von Sprengstoffen und Eisen, statt zur Vernichtung der Menschen beizutragen, eine völkerverbindende Wirkung ausüben durch Anlage neuer Verkehrswege, so könnte der gebundene Luftstickstoff, statt heute nutzlos und verderblich in Form von Sprengstoffen verbraucht zu werden, als Düngemittel die Fruchtbarkeit der vorhandenen Ackerflächen bedeutend erhöhen, so einer zahlreichen Menschheit Lebensmöglichkeit geben, um die man jetzt im blutigen Ringen kämpfen zu müssen glaubt. Die Wirkung der Düngemittel auf den Ertrag des Bodens mögen folgende Zahlen erläutern: Am Anfang des 19. Jahrhunderts war der Ertrag an Roggen pro Hektar in Deutschland im Durchschnitt 0,86 Tonnen, 1880 0,93 Tonnen, 1913 betrug er mehr als das Doppelte, 1,92 Ton-

nen, da in diesen verfloßenen 30 Jahren der Landwirtschaft von der chemischen Großindustrie eine große Reihe Düngemittel zur Verfügung gestellt werden konnten. Ebenso hat sich der Ertrag an Kartoffeln im Verlauf der letzten 30 Jahre annähernd verdoppelt, von 8,0 Tonnen pro Hektar im Jahre 1880 auf 15,8 Tonnen pro Hektar im Jahre 1913¹⁾.

Die großen Möglichkeiten, welche die heutigen Kulturvölker gehabt hätten, die sie aber zum Teil schon verscherzt haben, sollen hier nicht weiter beleuchtet werden; nur soll noch darauf hingewiesen werden, daß die ganze moderne Entwicklung das Kriegsproblem in ein anderes Licht stellt. Die heutige Technik macht die Kriege in dem alten Sinn überflüssig; ein Recht, einen blutigen Kampf um den Platz an der Sonne zu führen, haben die Völker nicht mehr, denen Kohle zur Verfügung steht, die also die Möglichkeit haben, durch Entwicklung ihrer Technik sich neue Lebensmöglichkeiten zu verschaffen. So stehen wir heute gerade in einer entscheidungsvollen Zeit. Sollen die großen Mittel, welche die Technik noch schaffen kann, weiter zur Vergrößerung der Gewalt auf Erden dienen, weiter zur Vernichtung verwandt werden? Wenn die Industrievölker auch nach diesem Kriege ihre Mittel in den Dienst einer neuen Kriegsvorbereitung stellen, wenn in der Ruhepause weitere Sprengstoffabriken entstehen, wenn Magazine voll Giftgase angehäuft werden, so kann dieser neue Krieg noch weit verheerender wirken als der jetzige! Oder sollen die neuen Fortschritte der Technik nicht dazu verwandt werden, um eine glücklichere und unblutigere Zukunft der Menschheit anzubahnen?

Zuschriften an die Herausgeber.

Über das Protactinium und die Frage nach der Möglichkeit seiner Herstellung als chemisches Element.

In einer im Mai 1918 in der Physikalischen Zeitschrift erschienenen Mitteilung haben wir über die Auffindung eines neuen radioaktiven Elementes von langer Lebensdauer berichtet; es ist die Muttersubstanz des Actiniums, und wir haben dafür den Namen Protactinium gewählt. Aus dem Durchdringungsbereich seiner α -Strahlen haben wir für die Halbwertszeit die Grenzen 1200 und 180 000 Jahre angegeben und dabei betont, daß es später vielleicht gelingen würde, das neue radioaktive Element auch als neues chemisches Element zu charakterisieren.

Diese Herstellbarkeit hängt außer von den chemischen Eigenschaften von zwei Faktoren

¹⁾ Der schlechte Stand der Ernährung in Deutschland ist wohl wesentlich auf ein Zurückgehen des Ertrages infolge des Fehlens der Düngemittel zurückzuführen. Stocklase gibt in seinem Buch „Das Brot der Zukunft“ an, daß die Weizenernte in Böhmen von 1914 auf 1915 von 18,3 Doppelzentner auf 13,2 Doppelzentner infolge Fehlens der Düngemittel zurückgegangen ist. Der moderne Krieg, der die Düngemittel zur Sprengstoffherstellung benutzt, hungert also das Land aus!

ab. Einmal von dem Abzweignungsverhältnis Actinium : Uran in Uranmineralien, d. h. also von dem Prozentsatz, in dem das Protactinium und die anderen Glieder der Actiniumreihe aus dem Uran entstehen, andererseits, und zwar vor allen Dingen, von der Lebensdauer des Protactiniums. Für das Abzweignungsverhältnis nahm man bisher immer den Boltwood-Rutherford'schen Wert 8 % an. Wie wir an anderer Stelle ausführlich mitteilen, haben wir durch quantitative Bestimmung des Protactiniums in Pechblende für dieses Abzweignungsverhältnis einen wesentlich niedrigeren Wert gefunden, nämlich nur 3 %. Dadurch werden die zu erwartenden Protactiniummengen wesentlich geringer als wir früher vermuteten. Die Herstellbarkeit als chemisches Element hängt nun im wesentlichen von der Lebensdauer des Protactiniums ab. Hat es beispielsweise die Halbwertszeit des Radiums, dann entsprechen 1 g Radium in einem Uranmineral nur 30 mg Protactinium. Hat es dagegen eine 100-mal so große Lebensdauer, dann könnte man entsprechend 3 g Substanz erwarten, und die Herstellungsmöglichkeit aus nicht allzu großen Mengen Ausgangsmaterial wäre gegeben.

Leider ist die von Geiger aufgefundene Beziehung zwischen Reichweite und Lebensdauer gerade für die Actiniumreihe zahlenmäßig so wenig sichergestellt, daß bisher nur die oben angeführten weiten Grenzen für die Halbwertszeit des Protactiniums angegeben werden konnten. Es gibt aber einen anderen Weg, sich wenigstens über deren untere Grenze einen Anhalt zu verschaffen. Dieser besteht in der Untersuchung alter Uransalze auf Protactinium. Man kann leicht ausrechnen, welche Protactiniummengen — an ihrer α -Strahlung gemessen — sich unter der Annahme bestimmter Halbwertszeiten aus 1 kg Uran in bestimmten Zeitabschnitten bilden werden.

In der folgenden Tabelle sind die nach verschiedenen Zeiten aus 1 kg Uran entstandenen Mengen Protactinium, verglichen mit den α -Strahlen von U I, für verschiedene Halbwertszeiten T des Protactiniums berechnet.

Halbwertszeit T (Jahre)	Aktivität in Uraneinheiten nach		
	25 Jahren mg	50 Jahren mg	100 Jahren mg
1 000	516	1020	2010
10 000	51,6	102	201
100 000	5,16	10,2	20,1

Aus beispielsweise 235 g 25 Jahre altem Uranoxyd — entsprechend 200 g Uranmetall — würde man also noch bei einer Halbwertszeit von 10 000 Jahren Protactinium in der Stärke von über 10 mg U I oder 5 mg Uran (gemessen als U I + U II) erwarten müssen, eine Menge, die sich sicher nachweisen läßt. Die Abscheidung des Protactiniums aus mehreren 100 g Uransalz dürfte keine besonderen Schwierigkeiten bieten.

Leider stehen uns ältere Uransalze oder Oxyde von ungefähr bestimmtem Herstellungsdatum nicht zur Verfügung. Vielleicht finden sich solche in älteren Lehrsammlungen an Universitäten oder Technischen Hochschulen. Wir wären den Herren Direktoren solcher Institute für eine Überlassung älterer Uranpräparate zu großem Dank verpflichtet. Die uns überlassenen Präparate würden wir durch neue ersetzen.

Die Menge müßte aber wohl mindestens 100 bis 200 g betragen und dürfte seit ihrer Lagerung irgendwelchen chemischen Verarbeitungen nicht ausgesetzt gewesen sein.

Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, den 29. Juli 1919. *Otto Hahn und Lise Meitner.*

Astronomische Mitteilungen.

Die Wellenlänge der grünen Nordlichtlinie. Im *Astrophysical Journal* (Heft 4, Band 49) macht *Slipher* ausführliche Mitteilungen über eine Untersuchung des Nordlichtspektrums, über die bereits kurz im *Lowell Observatory Bulletin* (Nr. 76) berichtet worden war. Die Untersuchung wurde angeregt durch die Wahrnehmung, daß auf Aufnahmen des Gesamtspektrums von Teilen der Milchstraße mit einem lichtstarken Spektrographen die bekannte helle grüne Nordlichtlinie auftrat. Wegen der niedrigen geographischen Breite von nur $+35^{\circ} 12'$ wurde von einer erschöpfenden Untersuchung des Nordlichtspektrums abgesehen und nur zwei Fragen erledigt: die Häufigkeit des Auftretens der grünen Linie und die genaue Bestimmung ihrer Wellenlänge. Es ergab sich, daß der Nachthimmel beständig von schwachem allgemeinen Nordlicht erhellt ist. In dem Zeitraum von $3\frac{1}{2}$ Jahren werden rund 100 Spektrogramme gemacht, die ohne Ausnahme die Hauptnordlichtlinie zeigen. Dieses Ergebnis ist von einschneidender Bedeutung für die Untersuchungen der Helligkeit des Sternenhimmels zur Bestimmung des Gesamtlichtes aller Sterne. Letzteres ist eine wichtige Größe für Theorien des Baues des Weltalls (vgl. z. B. *Newcomb*, *Astrophys. Journ.* 14, 297, 1901; *Yntema*, *Publ. of the Astronom. Laboratory at Groningen* Nr. 22, 1909). Es ist klar, daß die Vernachlässigung der beständigen Erhellung des Himmelsgrundes durch das allgemeine Nordlicht die Bestimmung jener Größe erheblich verfälschen muß.

Interessant ist auch das Ergebnis der Wellenlängenbestimmung, die z. T. mit einem Dreiprismen-Spektrographen und 15-zölliger Kamera ausgeführt wurde. Die Belichtungen wurden bis zu mehr als 100 Stunden getrieben. Als Vergleichsspektrum dient das Spektrum des Himmelsgrundes, in dem die Sonnenlinien zu sehen sind. Aus drei Aufnahmen mit starker Dispersion wurde die Wellenlänge 5578,05 Å. aus denen mit geringer Dispersion ein etwas kleinerer Wert gefunden. Die Übereinstimmung der drei ersten Aufnahmen ist vorzüglich (Extreme 5578,01 und 0,8). Dieser Wert stimmt nun gar nicht mit den älteren Bestimmungen der Wellenlänge überein, die im Mittel etwa 5571 ergeben haben. Dieser letztere Wert ist aber nach den *Slipherschen* Aufnahmen völlig ausgeschlossen, denn es ist aus ihnen sofort zu erkennen, daß die starke Sonnenlinie 5573,075 gegen die Nordlichtlinie nach dem *Violetten* verschoben ist, was der Herausgeber des *Astrophys. Journal*, *E. B. Frost*, dem ein Diapositiv vorlag, in einer Fußnote bestätigt. Auf einer Aufnahme des Milchstraßenspektrums, die während eines starken Nordlichtes gemacht worden war, sind außer der grünen Linie eine ziemlich kräftige Linie bei λ 3916 und schwächere Linien bei λ 4277, 4180, 4450 und 3740 (alle Wellenlängen genähert) zu sehen.

P. Guthnick.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 34. (Seite 613—628)

22. August 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Tierische Gifte. Von *Prof. Dr. F. Flury, Berlin-Dahlem.* S. 613.

Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager. Von *Prof. Dr. Ernst Jänecke, Hannover.* S. 619.

Zuschriften an die Herausgeber:

Wolkenbildung durch ein Flugzeug. Von *L. Weickmann, München.* S. 625.

Geographische Mitteilungen:

Mesopotamien. Landschaften Rumäniens. Der Bolson von Fiambala. Mapa para. Neue deutsche Nordpolexpedition. Zur Urgeschichte der Schifffahrt. S. 625—628.



Die bewährte
Drahtlampe

Osram

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitseite angenommen.

Bei jährlich 6 18 26 52 maliger Wiederholung
10 30 80 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G. m. b. H. CÖLN a. Rh.

Ein wenig gebrauchtes

Reflexionsgoniometer

(Fuß) zu verkaufen. (166)

Dr. Kruse, Minden i. W.

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Lehrbuch der Physiologie des Menschen

Von

Dr. med. **Rudolf Höber**

o. ö. Professor der Physiologie und Direktor des physiologischen Instituts der Universität Kiel

Mit 244 Textabbildungen

Preis M. 22.—; gebunden M. 26.60

Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

22. August 1919.

Heft 34.

Tierische Gifte¹⁾.

Von Prof. Dr. F. Flury,

Mitglied des Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem.

Die Lehre von den tierischen Giften gehört zu den dunkelsten Gebieten der biologischen Forschung. Diese Tatsache muß zunächst auffallend erscheinen, da es sich hier doch um praktisch und theoretisch gleich wichtige Dinge handelt. Die praktische Bedeutung der Tiergifte liegt zunächst schon darin, daß unter Umständen jeder Mensch durch giftige Tiere Schaden an Gesundheit und Leben erleiden kann. Man braucht nicht gleich an die tropischen Tiere, wie z. B. Giftschlangen, zu denken, sondern tierische Feinde stehen dem Menschen oft näher als man gewöhnlich selbst weiß. Es sei nur erinnert an die große Zahl der tierischen Parasiten, deren Bedeutung für die Entstehung vieler krankhafter Zustände immer klarer erkannt wird. Sie müssen demnach besonders auch für den Arzt Interesse erwecken, dem die Aufgabe zukommt, die Ursachen solcher Gefahren zu erkennen, ihr Wesen zu beurteilen und danach sein Handeln einzurichten. Eine rationelle Therapie kann sich aber nur auf positive Kenntnisse bezüglich des Wesens und der Wirkung der hierher gehörenden schädlichen Stoffe gründen. Auch der Tierarzt hat sich vielfach mit parasitären Erkrankungen zu beschäftigen. Erst in jüngster Zeit konnte beispielsweise die perniciöse Anämie der Pferde auf die im Darmkanal dieser Tiere vorkommenden weit verbreiteten Schmarotzer zurückgeführt werden. Auch andere Berufskreise, wie z. B. die Bienenzüchter oder die Personen, die sich mit dem Fischfang beschäftigen, haben erfahrungsgemäß großes Interesse an den ihr Gebiet berührenden Fragen. Da in den heißen Ländern hierher gehörige schwere Schädigungen besonders häufig auftreten, ist natürlich vor allem die Bevölkerung überseeischer Gebiete der Gefährdung durch tierische Gifte in hohem Maße ausgesetzt. Wir besitzen dementsprechend auch aus diesen Ländern, nicht zumindest durch die Tätigkeit wissenschaftlicher Forschungsreisender, wertvolle und eingehende Schilderungen über die Herkunft und Wirkungsweise tierischer Gifte. Aus dem Gesagten ergibt sich von selbst, daß das Studium tierischer Gifte einen großen Kreis von Theoretikern, die sich mit der zoologischen, toxikologischen, hygienischen und pathologischen Seite des

Problems zu befassen haben, beschäftigen könnte. In ganz besonders engem Zusammenhang steht die Frage nach der Natur dieser Substanzen mit der vergleichenden *chemischen Physiologie*.

Die uns hier interessierenden Gifte verdanken ihr Vorkommen im Organismus der Tiere nicht zufälligen äußeren Einflüssen, wie etwa der gewohnheitsmäßigen Aufnahme schädlicher Stoffe oder sonstigen abnormen Verhältnissen, sondern sie sind aufzufassen als giftige Produkte, die physiologischer Weise, d. h. durch den *normalen Lebensprozeß der Tiere gebildet* werden. Ihre Untersuchung hat, da sie durch besondere Eigenschaften hervorstechen, einen besonderen Reiz und kann für die Aufklärung der Vorgänge des intermediären Stoffwechsels von hohem Wert sein. Aus diesem Grunde ist es nur zu begrüßen, daß sich auch in den letzten Jahren die chemische Forschung mehr und mehr diesem Feld zugewendet hat. Es handelt sich, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, um ein *Grenzgebiet*, das mit zahlreichen Forschungszweigen Berührungspunkte aufweist, infolge seiner Sonderstellung aber auch ebenso wie manche ähnliche Wissenszweige weniger eingehend und mangelhafter bearbeitet worden ist. Wohl sind wir durch zahlreiche Untersuchungen über die *Wirkungen der Tiergifte* recht gut unterrichtet, über das *Wesen der Substanzen selbst* aber sind unsere Kenntnisse, von ganz geringen Ausnahmen abgesehen, bis in die jüngste Zeit äußerst spärliche geblieben.

Der Bearbeitung stehen allerdings auch besondere Schwierigkeiten im Wege. Die tierischen Gifte sind meist nicht wie die Mineralgifte oder die synthetischen Produkte leicht zugänglich oder im Handel zu erwerben, oder wie Giftpflanzen ohne besondere Mühe zu sammeln, zu konservieren und aufzubewahren. Sie sind vielfach leicht zersetzlich und müssen in der Regel an Ort und Stelle gesammelt, das heißt also, den lebenden Tieren, oft nicht gefahrlos, entnommen werden. Zur Beleuchtung dieser Umstände mögen einige Beispiele dienen. Daß das Gift der spanischen Fliege, das Cantharidin, schon lange Zeit genau bekannt ist, nimmt nicht wunder, denn die Canthariden werden seit alten Zeiten als Heilmittel berufsmäßig gesammelt und die Darstellung der wirksamen Substanz ist außerordentlich einfach. Anders liegt es schon bei den Schlangengiften. Will man sich nicht nur, wie es meist geschieht, mit dem Studium und der Beschreibung ihrer Wirkung begnügen, sondern einen genaueren Einblick in ihre Zusammensetzung erhalten, so bedarf man größerer Mengen als Ausgangsmaterial,

¹⁾ Nach einem Vortrag, gehalten in der „Physiologischen Gesellschaft zu Berlin“ am 20. Juni 1919.

das in zuverlässiger und einwandfreier Beschaffenheit nur schwierig und zudem nur mit großen Kosten erhältlich ist. Für derartige Untersuchungen genügen in der Regel die unseren Instituten zur Verfügung stehenden Mittel nicht. Die von *Faust* ausgeführten Untersuchungen der Schlangengifte waren nur möglich mit Unterstützung wissenschaftlicher Gesellschaften und durch ausgedehnte persönliche Beziehungen mit überseeischen Ländern. Sind es hier die Schwierigkeiten bei der Beschaffung des Untersuchungsmaterials, so fehlen in anderen Fällen die notwendigen Versuchstiere, an denen die Wirkung der Gifte geprüft werden soll. Nur durch besonders günstige äußere Verhältnisse war *Seydewitz* in der Lage, seine Untersuchungen über das theoretisch interessante und praktisch wichtige Gift der Larven des *Gastrophilus* (*Oestrus*), der Pferdebremse oder der Biesfliege, auszuführen. Die wirksame Substanz ist ein spezifisches Gift für die Equiden und läßt sich infolgedessen nur an Pferden und Eseln studieren. Für Frösche ist es so gut wie ungiftig. Auch die übrigen kleinen Tiere sind dagegen wenig empfindlich. Die Beschäftigung mit solchen Fragen wäre also für die meisten unserer Institute, die heute mehr als je auf Versuche an kleinen Tieren angewiesen sind, praktisch unmöglich gewesen. Zu den Versuchen von *Faust* über das Krötengift wurden 2000 Kröten verarbeitet, und erst die weitere Fortsetzung der Untersuchungen durch *Wieland* führte bei Verarbeitung von 20 000 dieser Tiere zur Gewinnung des kristallisierten Bufotalins. Ich selbst habe mich mit den Hautsekreten anderer Amphibien befaßt und hier weit über tausend verschiedene Frösche benutzt. In jahrelanger Beschäftigung mit dem Gift der Honigbiene brauchte ich allein zur Isolierung des Giftes acht Bienenvölker mit insgesamt 200 000 Bienen auf. Bei anderen von mir untersuchten, im Darm schmarotzenden Tieren konnte ich im Laufe der Zeit viele Kilogramm lebender Eingeweidewürmer sammeln. Die Untersuchung der normalen Stoffwechselprodukte der Spulwürmer erforderte über 30 Kilogramm dieses Materials. Bei anderen von mir ausgeführten Arbeiten über die oft diskutierte Frage der Giftigkeit der Bandwürmer habe ich im Laufe der Zeit unter anderem einige Kilogramm Taenien, die aus mehr als 2000 Katzen gesammelt wurden, verwendet. Zu einer Untersuchung über die Chemie und Toxikologie der Trichinen ließ sich durch Verfütterung von trichinösem Schweine- und Rattenfleisch die erforderlich große Anzahl von trichinösen Versuchstieren (Meerschweinchen, Hunde, Katzen, Kaninchen) ohne Schwierigkeit bereitstellen. Andere von mir ausgeführte Beobachtungen und Untersuchungen über die Gifte der Tierwelt des Meeres waren nur möglich und durchführbar mit den Mitteln der Zoologischen Station in Neapel, durch welche das notwendige Material an giftigen Fischen, Cephalopoden, Aplysien, Quallen und anderen Nesseltieren frisch

gefangen zur Verarbeitung in das Laboratorium kam. Nesseltiere, wie z. B. die See-Anemone (*Anemonia sulcata*), konnte ich dort mit Leichtigkeit in Mengen von vielen Kilogrammen verarbeiten.

Ich will im folgenden versuchen, in kurzem Umriss ein Bild über das bis jetzt vorliegende, in der Literatur außerordentlich weit zerstreut niedergelegte Material zusammenzufassen, um dadurch einen Überblick über die bereits geleistete Arbeit zu geben und daran anschließend auf die Richtung und den Weg hinzuweisen, den die Forschung nach meiner Auffassung in Zukunft gehen muß¹⁾.

In der Reihe der Wirbeltiere findet sich bei den Säugetieren, abgesehen vom Schnabeltier, kein aktiv giftiges Tier, das heißt ein mit einem besonderen Apparat zur Entleerung des Giftes ausgestattetes Tier. Das Schnabeltier besitzt einen mit einer Giftdrüse in Zusammenhang stehenden Sporn, der aber normalerweise nur bei der Kopulation eine Rolle zu spielen scheint. Immerhin produzieren auch die Säugetiere in ihrem normalen Stoffwechsel eine lange Reihe von pharmakologisch stark wirksamen Stoffen, die man mit vollem Recht als tierische Gifte bezeichnen darf. Es sei nur erinnert an die von den verschiedenen Drüsen abgesonderten Stoffe, wie z. B. das Adrenalin, die Gallensäuren, das Thyreoglobulin, die basischen Substanzen aus dem Gehirnanhang, der Hypophyse, die „Hormone“ aus der Bauchspeicheldrüse und sonstigen Drüsen des Darmkanals, das Cholin und die der Harnsäure nahestehenden Purine.

Bei den niederen Wirbeltieren, den Kaltblütern, finden wir die klassischen Gifttiere, in erster Linie die Schlangen. Der Unterschied zwischen Giftschlangen und ungiftigen Schlangen beruht, soweit unsere Kenntnisse reichen, lediglich auf dem Vorhandensein von Giftzähnen. Auch die sogenannten ungiftigen Schlangen haben giftige Drüsensekrete, so besitzt auch die harmlose Ringelnatter nicht nur ein giftiges Drüsensekret, sondern auch giftiges Blut. Nach meinen persönlichen Erfahrungen liegen auch bei der Riesenschlange, der *Boa constrictor*, ähnliche Verhältnisse vor.

Nach den Angaben der Literatur soll das Schlangengift eiweißartig sein oder durch die in ihm enthaltenen Fermente wirken. In der Tat werden die Sekrete vieler Giftschlangen beim Erhitzen unter Koagulation des Eiweißes unwirksam. Es gibt aber auch im Gegensatz dazu zahlreiche Schlangen, bei denen das Gift auch nach dem Erhitzen und nach der Ausfällung des Eiweißes seine Wirksamkeit bewahrt. Wird schon durch diese Feststellung die Eiweiß- bzw. Fermentnatur der Schlangengifte unsicher und zweifelhaft, so haben die Untersuchungen von *Faust*

¹⁾ Eine Zusammenstellung der wichtigsten Literatur über die tierischen Gifte findet sich am Schlusse dieses Aufsatzes.

nach dieser Hinsicht weitere Klarheit geschaffen. Es gelang diesem Forscher nämlich, aus Schlangengiften, und zwar aus der Brillenschlange und der Klapperschlange, eiweiß- und stickstofffreie Substanzen zu isolieren, denen, wenn man von der Antitoxinbildung absieht, alle charakteristischen Giftwirkungen der Schlangengifte zukommen. Bei einem anderen klassischen Gifttier, der Kröte, sind durch die Untersuchungen von Faust, Wieland und Weil, Abel und Macht eiweiß- und stickstofffreie, schön kristallisierte und sehr beständige Substanzen erhalten worden. Die beiden letztgenannten Autoren haben eine tropische Kröte verarbeitet. Neben dem digitalisartig wirkenden Gift, dem Bufagin, wurden sehr große Mengen von Adrenalin, das sich bekanntlich als Produkt der Nebennieren bei den Säugetieren vorfindet, isoliert. Bei den Salamandern finden sich nach Untersuchungen von Zaleski, Faust und Netolitzki ebenfalls eiweißfreie Gifte. Sie stellen organische Basen dar, die gut kristallisierte Salze liefern und deren Wirkungen sich mit derjenigen des ganzen Sekretes decken. Auch in den Molchen (Tritonen) finden sich nach Untersuchungen, die von Schübel im Institut von Faust ausgeführt worden sind, eiweißfreie Gifte. Selbst von den als harmlos geltenden Fröschen werden in den Drüsen der Haut sehr wirksame Gifte abgeschieden, die von mir näher untersucht worden sind. Auch sie erwiesen sich als stickstofffrei. Nach meinen Beobachtungen kann man mit dem Hautsekret eines einzigen Wasserfrosches bei Einspritzung in die Blutgefäße Dutzende von Kaninchen tödlich vergiften.

Auch unter den Fischen kennen wir zahlreiche aktive und passive giftige Arten. Das Gift wird entweder durch den Biß eingebracht, wie bei den Muränen, oder durch Giftstachel der Flossen, wie bei dem Petermännchen (*Trachinus*) und bei zahlreichen Verwandten des Flußbarsches. Andere Fische sondern, ähnlich wie die Amphibien, giftige Hautsekrete ab. Dies ist bei den Neunaugen der Fall. Auch das Blut mancher bisher nach dieser Richtung untersuchten Fische, z. B. des Aales und des Tunfisches, ist stark giftig. Bei anderen Fischen hinwiederum, wie bei den Barben, beim Hecht oder den Tetrodonfischen Japans (*Fugu*) enthalten die Geschlechtsorgane stark wirkende Gifte. Die Fugugifte sind kristallisiert, also ebenfalls nicht eiweißartig. Auch die giftigen Basen aus den Geschlechtsorganen vieler Fische, die sogenannten Protamine, besitzen, obwohl sie Abbauprodukte des Eiweißes darstellen, keine Eiweißnatur mehr.

Wie bei den Wirbeltieren, so sind auch bei den wirbellosen Tieren Gifte in reicher Zahl beschrieben. In den Tintenfischen, die ihre Beute durch Einverleibung des lähmend wirkenden Speicheldrüsensekretes unbeweglich machen und töten, ist durch Henze eine kristallisierte Base als wirksamer Bestandteil nachgewiesen worden. Gewisse

Schnecken produzieren freie Schwefelsäure, andere hinwiederum sind zu ihrer Verteidigung mit Nesselorganen ausgerüstet. Zahlreich sind auch die Gifte der Gliedertiere, wie der Spinnen, der Milben, der Tausendfüßler und vor allem der Insekten. Hierher gehört das altbekannte blasenziehende Gift der Spanischen Fliege, das Cantharidin. Es ist eine kristallisierte stickstofffreie Substanz. Beim Gift der Honigbiene wurde durch die klassische Untersuchung von Langer der Nachweis erbracht, daß die wohl den meisten erwachsenen Menschen bekannte Giftwirkung weder auf die im Gift vorhandene Ameisensäure, noch auf ein Ferment oder eine Eiweißsubstanz zurückzuführen ist. Das Bienengift ist eiweißfrei und verliert beim Kochen seine Wirkung nicht. Es wurde von Langer als eine basische Substanz gekennzeichnet. Ich habe an einem großen Versuchsmaterial von Bienen verschiedener Herkunft diese Untersuchungen weitergeführt und neuerdings gefunden, daß sich auch der stickstoffhaltige Bestandteil leicht abscheiden läßt. Der giftige Stoff besitzt sicher keine Eiweißnatur mehr. Auch aus den Käferlarven der *Diamphidia locusta* läßt sich nach den Untersuchungen von Heubner das Eiweiß abtrennen, ohne daß die intensive Blutgiftwirkung und die gewebezerstörende Eigenschaft verloren gehen. Auch in den Larven anderer Insekten sind stark giftige Substanzen aufgefunden worden; so in jüngster Zeit das bereits erwähnte Gift aus der Pferdebremse, das von Seydewitz beschrieben und als Ursache der perniziösen Anämie der Pferde erkannt worden ist.

In der menschlichen Pathologie, ebenso wie bei den Erkrankungen der Nutz- und Haustiere, spielen Parasiten aus der Klasse der Würmer eine große Rolle. Ihre Wirkungen beruhen vorwiegend auf lokalen Reizerscheinungen; es kommen aber auch schwere nervöse Störungen und anämische Zustände vor, deren Entstehung auf Resorption von Wurmgiften aus dem Darm zurückgeführt werden muß. Nach meinen Untersuchungen an Darmparasiten (*Ascariden*, *Taenien*, *Oxyuren*) und den bis in die Körpermuskulatur vordringenden Trichinen handelt es sich hier nicht um einzelne Gifte, sondern um zahlreiche, von diesen Parasiten gebildete Stoffe, die je nach den obwaltenden Umständen sehr verschiedenartige Wirkungen nach sich ziehen können. Zu berücksichtigen ist, daß bei allen diesen Tieren der Kohlehydratstoffwechsel überwiegt. Sie speichern in ihrem Innern enorme Mengen von Glykogen, der sogenannten tierischen Stärke, auf. Durch eine unter Sauerstoffmangel verlaufende Gärung produzieren sie allerlei Gärungsprodukte, wie vor allem niedere flüchtige Fettsäuren. Bei Verarbeitung der Ausscheidungen von Darmparasiten, bei Spulwürmern, Bandwürmern (*Taenia crassicolis*) und bei Oxyuren habe ich Ameisensäure und Aldehyde aufgefunden, womit die durch diese Tiere bewirkte empfindliche Reizung der

Schleimhäute eine befriedigende Erklärung gefunden hat. Außer den genannten Substanzen enthalten die Eingeweidewürmer aber auch noch stark wirksame Blut- und Nervengifte.

Bei den *Stachelhäutern* des Meeres, wie den Seesternen, Seeigeln, Seewalzen, sind besondere Giftapparate vorhanden, die bei der Erlangung der Nahrung, vor allem zur Wehrlosmachung der Beute, Verwendung finden. Auch die *Pflanzentiere* besitzen charakteristisch gebaute Giftapparate. Es ist wohl jedem, der in der See gebadet hat, bekannt, daß die Berührung mit Quallen und anderen Nesseltieren sehr empfindliche Reizerscheinungen der Haut hervorrufen kann. Aus solchen Tieren wurde von *Richet* und seinen Mitarbeitern neben eiweißartigen Giften eine kristallisierte eiweißfreie Substanz von nesselnder Wirkung, das Thalassin, isoliert. Ich selbst habe große Mengen solcher Tiere zur Gewinnung dieses Giftstoffes verarbeitet. Es handelt sich aber hier um keine konstant zusammengesetzten Verbindungen. Das von mir nach der Methode von *Richet* gewonnene „Thalassin“ aus der *Seeanemone*, *Anemonia sulcata*, erwies sich bei sorgfältiger chemischer Untersuchung als Gemisch von kristallisierten Aminosäuren, vorwiegend Leucin, die mit außerordentlich geringen Mengen der wirksamen Substanzen chemisch verbunden, vielleicht auch nur verunreinigt sind; letztere haben kolloide Natur und werden leicht adsorbiert. Sie lassen sich schon beim Schütteln mit Tierkohle von den kristallinen Beimengungen abtrennen, wodurch man dann im Tierversuch unwirksame Aminosäuren erhält.

Wir finden also unter den tierischen Giften eine sehr mannigfaltig zusammengesetzte Reihe chemischer Verbindungen.

Beschäftigen wir uns nun weiter mit der Frage, ob es heute schon möglich ist, die tierischen Gifte ähnlich, wie es bei anderen stark wirkenden Substanzen der Fall ist, in ein bestimmtes System einzureihen. Noch bis vor etwa einem Jahrzehnt war dies bei unseren äußerst spärlichen Kenntnissen über die chemische Natur der hierher gehörigen Substanzen undurchführbar. Man hat sich deshalb darauf beschränken müssen, bei der wissenschaftlichen Einteilung die Zugehörigkeit der Tiere zum zoologischen System als Richtschnur zu nehmen, also die tierischen Gifte lediglich nach ihrer *Herkunft* zu ordnen. Eine solche Einteilung ist, da sie der wissenschaftlichen Begründung entbehrt, natürlich sehr wenig befriedigend.

Wenn wir aber die wissenschaftlichen Ergebnisse der letzten Jahre zu Rate ziehen, so eröffnet sich schon heute ein Ausblick auf die Möglichkeit, von dem bisherigen, rein äußerlichen Einteilungsprinzip zu einer Gliederung nach chemischen und pharmakologischen Gesichtspunkten überzugehen und damit die tierischen Gifte in das von *Buchheim* und von *Schmiedeberg* aufgestellte natürliche System der Gifte einzureihen.

Schon heute läßt sich sagen, daß die *Alkaloide*, die unter den Giften pflanzlicher Herkunft die beherrschende Stellung einnehmen, im Tierreich an Zahl und Bedeutung stark zurücktreten. Immerhin fehlen Substanzen dieser Art auch bei den Tieren keineswegs, wie das Vorkommen von stark wirksamen, stickstoffhaltigen basischen Substanzen, die mit Säuren gut kristallisierte Verbindungen liefern, beweist. Hierher gehören einerseits Substanzen, denen ein stickstoffhaltiger Ring zugrunde liegt, z. B. die Salamandergifte, wie das von *Faust* isolierte Samandarin und das Samandarin des Alpensalamanders von *Netolitzky*, das vom Imidazol abgeleitete Histamin, andererseits die aus Phenolen mit stickstoffhaltigen Seitenketten bestehenden Körper, wie das Adrenalin aus der Nebenniere und das dem Tyrosin nahestehende Tyramin. Auch die Protamine und viele bei der Fäulnis und wohl auch im intermediären Stoffwechsel entstehende Verbindungen sind stickstoffhaltige, basische Substanzen mit erheblicher Giftwirkung. Sie können also ebenfalls in die Gruppe der Alkaloide eingereiht werden.

Neben diesen Stoffen tritt aber, wie die neueren Forschungsergebnisse immer deutlicher erkennen lassen, eine andere Gruppe von tierischen Giften mehr und mehr in den Vordergrund. Sie sind frei von Stickstoff, haben keinen basischen Charakter und zeichnen sich durch sehr charakteristische und intensive Wirksamkeit aus. Es sind Stoffe, die sich in pharmakologischer Hinsicht teils den Herzgiften der Digitalisreihe, teils den Sapotoxinen und teils den entzündungserregenden stickstofffreien Pflanzenstoffen angliedern lassen. Die weitgehende Analogie, die zwischen den Giften tierischer und pflanzlicher Herkunft zu bestehen scheint, kommt gerade in dieser Reihe durch die Arbeiten der letzten Jahre immer unzweifelhafter zum Ausdruck. So ist beispielsweise das schon seit langem bekannte und am besten studierte Gift tierischen Ursprungs, das Cantharidin, das übrigens nicht nur in den sogenannten spanischen Fliegen vorkommt, sondern sich, wie es scheint, weit verbreitet in Käfern, Schmetterlingen, Raupen und dergleichen vorfindet, sowohl nach seiner chemischen Zusammensetzung und Beschaffenheit, als auch in seiner entzündungserregenden und blasenziehenden Wirkung dem ebenfalls häufig vorkommenden Anemonin, dem scharfen Stoff der Hahnenfußgewächse und anderer Pflanzen sehr nahe verwandt. Cantharidin und Anemonin stehen aber nicht allein, sie sind nur typische Vertreter einer größeren Klasse von einander sehr ähnlichen Substanzen. Darauf deutet eine Reihe von Mitteilungen über cantharidinähnliche Stoffe in der Insektenreihe, deren genauere Untersuchung noch aussteht. Verwandte des Anemonins sind in großer Zahl bereits länger bekannt. Die vielfach geäußerte Annahme, daß jedem giftigen Tier ein einziger charakteristischer Giftstoff zu-

kommt, hat sich als unrichtig erwiesen. Ebenso, wie oft in einer Pflanze, z. B. im Fingerhut, nebeneinander eine ganze Reihe von verschiedenen wirksamen Bestandteilen enthalten ist, müssen wir auch nach vielfältigen Erfahrungen bei den Drüsensekreten der meisten Gifftiere außer dem gewöhnlich in größeren Mengen vorhandenen oder am leichtesten isolierbaren typischen Vertreter noch weitere wirksame Stoffe annehmen.

Über die *Muttersubstanzen* der stickstofffreien tierischen Gifte sind wir heute noch nicht unterrichtet; es darf aber schon heute als sicher gelten, daß sie in *naher Beziehung zum Cholesterin* und somit auch zu den *Gallensäuren* stehen. Dem Cholesterin der Tiere entsprechen das Phytosterin und die übrigen Sterine der Pflanzen. Die Gallensäuren weisen in ihrer Wirkung eine weitgehende Ähnlichkeit mit den pflanzlichen Seifenstoffen, den Saponinen und Sapotoxinen auf. *Faust* hat aus diesem Grunde die von ihm aus Schlangengiften rein dargestellten Verbindungen geradezu als *tierische Sapotoxine* bezeichnet. Solche Gifte mit Saponincharakter sind in der Tierreihe vermutlich weit verbreitet. Auch in den Hautdrüsen der Amphibien sind hierher gehörige Stoffe von mir aufgefunden worden. Die von *Heubner* aus dem Pfeilgift der Calahari, einem tierischen Gift, gewonnene eiweißfreie Substanz hat ebenfalls die Eigenschaften und Wirkungen der Saponine. Die Eingeborenen gewinnen dieses Pfeilgift aus den Larven eines Käfers (*Diamphidia locusta*).

Das *Cholesterin* wird von den Chemikern heute als ein kompliziert zusammengesetztes Terpen aufgefaßt und ist wohl als die Muttersubstanz der Gallensäuren anzusehen. Andererseits sind die Saponine in den Pflanzen den Terpenen und Harzen nahe verwandt und zum Teil Verbindungen solcher Stoffe mit Zucker, sogenannte Glykoside. Nach ihrer pharmakologischen Wirkung gehören Gallensäuren und Saponine zur gleichen Gruppe. Sie haben ähnliche Wirkungen auf das Zellprotoplasma, die roten Blutkörperchen, die Muskeln, das Herz und den Kreislaufapparat und das Nervensystem. Es ist nun eine bemerkenswerte Feststellung, daß nach ihrer Giftwirkung die von *Windaus* durch Oxydation des Cholesterins erhaltenen sauren Abbauprodukte zur selben Gruppe gehören. Dieselben sind von mir eingehend studiert worden und haben sich als außerordentlich giftige Substanzen, die ganz ähnlich wie die Gallensäuren und Saponine wirken, erwiesen. Durch die Untersuchungen von *Wieland* und *Weil* haben sich sehr enge chemische Beziehungen zwischen der wirksamen Substanz des Krötengiftes, dem Bufotalin, und der wichtigsten Gallensäure, der Cholsäure, ergeben. Mit dem Bufotalin kommt in der Krötenhaut eine bisher in Tieren noch nicht aufgefundene Substanz, die sich bei der Oxydation von Fettsäuren bildet, die Korksäure, vor. Diese interessante Feststellung stammt von *Wieland*. Ihr Vorkommen bietet vielleicht einen Fingerzeig für die Beantwortung der Frage nach

der Entstehung der genannten eigenartigen Verbindungen. Man könnte daran denken, daß die in den tierischen Giften dieser Reihe vorhandenen ringförmigen Atomkomplexe sich von dieser oder einer ähnlichen den Fettsäuren nahestehenden Substanz herleiten. Wenn sich diese Anschauung als richtig erweisen sollte, wäre der Weg zur Synthese der Digitalisstoffe, die neben dem Morphin und den Narkotica zu den wertvollsten und wichtigsten Arzneimitteln gehören, vorgezeichnet. Das Bufotalin gehört pharmakologisch zur Digitalisgruppe und ist im Verhältnis zu den pflanzlichen Digitalisstoffen einfach zusammengesetzt. Auch die übrigen Amphibien, wie z. B. der Gras-, Wasser- und Laubfrosch, die Unken und die Molche enthalten in ihren Hautdrüsen Gifte, die starke Herzwirkung haben, aber doch den Gallensäuren und den Sapotoxinen näher verwandt sind als den Digitalisstoffen. Aus dem Hautsekret der Wasserfrösche wurden von mir mehrere stickstofffreie Gifte isoliert, welche nach gewissen Farbenreaktionen ebenso wie das Krötengift Abkömmlinge des Cholesterins sein dürften. Es finden sich also, ganz ähnlich wie bei den Pflanzen der Digitalisgruppe, die ebenfalls Saponine enthalten, auch bei den Amphibien neben typischen Herzgiften noch die zu den allgemeinen Zellgiften zu rechnenden Saponine.

Es ist weiter sehr wahrscheinlich, daß den Sapotoxinen ähnliche Stoffe auch in den *Haut- und Stachelgiften der Fische* vorliegen. Nach den bisher beschriebenen Wirkungen schließen sie sich jedenfalls sehr eng an die oben genannte Gruppe an. Vielleicht gehört auch das Gift aus dem Aalblut und dem Serum anderer Kaltblüter hierher. Selbst bei den *Wirbellosen* finden sich noch Gifte der Terpenreihe. Das von mir untersuchte Gift der Aplysien, einer Art von großen, in den wärmeren Meeren häufig vorkommenden Schnecken, hat sich ebenfalls als eine stickstofffreie Substanz herausgestellt, die ohne Zweifel zu den Terpenen gehört. Die *Aplysia depilans*, der im Altertum als giftiges Tier sehr gefürchtete Seehäse, stößt ein milchweißes Drüsensekret aus, das Fische und alle damit in Berührung kommenden kleinen Seetiere schnell tötet. Das aus dem Sekret isolierte Gift ist flüchtig und verbreitet starken Geruch nach Petersilie und Sellerie. Bekanntlich kommen ja auch bei diesen Pflanzen stark giftige stickstofffreie Substanzen vor, die ähnliche Wirkung wie genanntes tierisches Gift besitzen. Es lassen sich aber noch weitere Beispiele von Analogien, die zwischen Tieren und Pflanzen nach dieser Richtung bestehen, aufzählen. Einige von den wirksamen basischen Bestandteilen des Mutterkorns finden sich in der Hypophyse, dem Gehirnanhang der höheren Tiere, und in dem giftigen Speicheldrüsensekret der Tintenfische. Diese Stoffe gehören zu den Basen. Daneben enthält das Mutterkorn auch noch eine stickstofffreie Verbindung, welche als universelles Zellgift die bekann-

ten schweren Schädigungen, wie den kalten Brand, hervorruft, der bei Mutterkornvergiftung das Absterben ganzer Gliedmaßen nach sich zieht. Es handelt sich hier wohl um Zersetzungs Vorgänge durch den eingedrungenen Pilz. Vielleicht entsteht hierbei ein stark wirksames Spaltungsprodukt des Phytosterins aus dem Getreidekorn, also ähnlich wie bei der Bildung von giftigen Derivaten aus tierischem Cholesterin. Diese Vermutung gründet sich auf zahlreiche Beobachtungen. In der Tierreihe begegnen wir nämlich Nekrose und schwere allgemeine Zellschädigungen erzeugenden Giften ganz außerordentlich häufig, vor allem aber da, wo ganze Zellen und Zellkomplexe abgebaut werden, indem sie, wahrscheinlich durch fermentativen Zerfall, zur Einschmelzung gelangen. Dies ist unter anderem der Fall bei den sogenannten Giftdrüsen und Drüsenfollikeln der Amphibien und der Fische, wo es sich ebenfalls nicht um echte sezernierende Drüsen handelt. Sie vermögen infolgedessen das Gift nach einmaliger Entleerung überhaupt nicht oder doch nur sehr spärlich zu regenerieren.

Soviel über Analogien zwischen den Giften der Tiere und der Pflanzen. Es ergibt sich daraus, daß die tierischen Gifte keine besondere chemische und pharmakologische Gruppe für sich darstellen. Gehen wir einen Schritt weiter und betrachten wir die in den *höheren Tieren* vorhandenen Substanzen mit Giftwirkung. Wie es scheint, bestehen nämlich auch zwischen den Giften der *höheren und niederen Tiere* keine prinzipiellen Unterschiede. Es ist nach meiner Auffassung nur eine Frage der Zeit, daß die heute noch eine Sonderstellung einnehmenden Toxine, mit denen sich vor allem die Serumforschung und die Immunitätslehre befaßt, auch im System zwanglos eingegliedert werden können. Die im Blutserum und in Organextrakten vorhandenen „Hämolytine“, „Zytotoxine“, „Neurotoxine“ usw. sind voraussichtlich nichts anderes als Glieder von heute bereits bekannten Gruppen, die aber mit Eiweißsubstanzen zu komplizierten und zum Teil sehr labilen Komplexen verbunden sind.

Man unterscheidet heute noch scharf zwischen fettähnlichen, d. h. in organischen Lösungsmitteln leicht löslichen, in Wasser dagegen schwer oder unlöslichen Verbindungen, den sogenannten *Lipoiden* und den in Wasser oder wässrigen Salzlösungen löslichen, giftigen Eiweißstoffen. Zahlreiche Beobachtungen der neueren Zeit haben aber gelehrt, daß sich schon durch relativ leichte Eingriffe in das Molekül wasserlöslicher Verbindungen lipide (fettähnliche) Stoffe abtrennen lassen. Dies ist zum Beispiel nach neuerdings von mir angestellten Untersuchungen auch bei dem Bienengift der Fall. Es ist wasserlöslich und von Langer in eiweißfreiem Zustand isoliert worden. Die „Langersche Base“ ist kein Alkaloid, sondern ein Komplex, der aus einer Base bzw. einer Aminosäure, einem in Wasser unlöslichen „Lipoid“ von Lecithincharakter und der wirk-

samen stickstofffreien Substanz besteht. Nach anderen von mir gemachten Feststellungen liegen auch bei den Hautgiften der Amphibien ähnliche Komplexe vor und vermutlich verbergen sich unter den zahlreichen auch im Organismus der höheren Tiere aufgefundenen hämolytisch wirkenden „Eiweißverbindungen“ fettähnliche Stoffe, also „Lipide“ oder sonstige stickstofffreie Verbindungen. Unter letzteren müssen auch Cholesterinabbauprodukte vorhanden sein.

Als Charakteristika der „*echten Toxine*“ werden drei Eigenschaften aufgeführt, nämlich: 1. Eiweißnatur und Unbeständigkeit gegen Hitze und gegen gewisse chemische Eingriffe, 2. die sogenannte Inkubation, das heißt der späte Eintritt der Giftwirkung auch bei höheren Dosen, endlich 3. die Möglichkeit der Immunisierung gegen diese Gifte auf Grund der Bildung von Gegengiften im Organismus.

Bei vielen früher als Toxine bezeichneten Giften ist die Abtrennung vom Eiweiß heute bereits gelungen. Die Latenzzeit wird ferner nicht nur bei den „Toxinen“ beobachtet, dieselbe tritt uns bei zahlreichen anderen chemisch genau definierten Giften entgegen. Es sei hier nur an die Phosphorvergiftung erinnert, die erst nach Tagen zum Ausbruch kommt. Zahlreiche andere Gifte, die in chemischer Hinsicht mit Eiweiß nichts zu tun haben, gehören hierher. Meistens sind es Stoffe, die schwere Zellschädigungen und tiefgreifende Organzerstörungen auslösen. Auch das durch seine typische Latenzzeit bekannte Gift des Knollenblätterschwammes wurde in den letzten Jahren von Abel und Ford in eiweißfreiem Zustande erhalten.

Auch unter den im Kriege verwendeten Gaskampfstoffen, unter denen sich die stärksten bisher bekannten Gifte von bekannter chemischer Konstitution befinden, begegnen wir einer Latenzzeit bis zum Eintritt der deutlich wahrnehmbaren Wirkung. Die Möglichkeit der Immunisierung scheint sich auf hochmolekulare Substanzen von kolloider Natur, wie es in ausgeprägtestem Maße die Eiweißstoffe sind, zu beschränken. Aus neueren Untersuchungen von Faust, die aber noch nicht abgeschlossen sind, dürfte übrigens hervorgehen, daß sich auch gegen gewisse Sapotoxine, also eiweiß- und auch stickstofffreie Substanzen, aktive und passive Immunität erzielen läßt.

Das alte Dogma von den *Toxalbuminen*, vom giftigen Eiweiß, wird also stark erschüttert. Mit der fortschreitenden Erkenntnis der tierischen Gifte und durch die Anwendung exakter chemischer, insbesondere der immer weiter verbesserten physikalisch-chemischen und kolloid-chemischen Methoden auf diesem Gebiete wird es ohne Zweifel gelingen, auch die im Organismus der höheren Tiere bei den Immunitätsreaktionen wirkenden Bestandteile vom Eiweiß abzutrennen und die heute noch so außerordentlich verwickelt erscheinenden Vorgänge zu klären und auf einfache Grundlagen zurückzuführen. Die Chemie wird

hierbei mit Vorteil möglichst schonende Eingriffe vornehmen müssen, indem sie sich bei der Zerlegung dieser Stoffe ähnlicher Reaktionen bedient, wie sie sich im Haushalt der Natur abspielen. Hier wäre in erster Linie an eine weitergehende Benutzung fermentativer Prozesse zu denken.

Die zu überwindenden Schwierigkeiten liegen wohl darin, daß ebenso wie in morphologischer Hinsicht auch bezüglich der chemischen Beschaffenheit der Zelle bei den einzelnen Tierarten eine sehr weitgehende Differenzierung besteht. Ebenso wie sich das Fett selbst sehr nahestehender Tiere schon durch den Geruch, oder das Fleisch durch den Geschmack unterscheidet, so bestehen sicher auch in der Zusammensetzung aller Zellen und der Körpersäfte gewisse Verschiedenheiten. Diese Differenzierung gibt sich auch bei den giftproduzierenden Tieren darin zu erkennen, daß die Gifte innerhalb derselben Klassen, Ordnungen und Formen, ja selbst bei den einzelnen Varietäten verschieden zusammengesetzt sind und deshalb auch nicht völlig gleiche Eigenschaften und Wirkungen aufweisen. Solche Unterschiede haben sich unter anderem bei meinen vergleichenden Untersuchungen über die Amphibiengifte ergeben. Die Hautdrüsensekrete, zum Beispiel der Froschlurche, also der eigentlichen Frösche (Raniden), der Knoblauchkröten (z. B. der Unken), der Kröten (Bufoniden), der Laubfrösche (Hyliden) weichen danach in ihrem ganzen Verhalten recht wesentlich voneinander ab. Auch gegen manche Gifte reagieren bekanntlich die einzelnen Froscharten nicht in derselben Weise. Die Erklärung für die sogenannten spezifischen Reaktionen bei den Immunitätserscheinungen liegt also auf der Hand.

Bis zur Erforschung der hier vorliegenden Verhältnisse ist noch ein weiter Weg, und der chemischen und toxikologischen Bearbeitung steht noch ein ausgedehntes Betätigungsgebiet offen. Die weitere Entwicklung wird aber unaufhaltsam dazu führen, daß die Trennungswände, die infolge der zunehmenden Spezialisierung der verschiedenen Forschungszweige entstanden sind, fallen. Bei der dadurch zu erhoffenden Zusammenarbeit verschiedenartiger Disziplinen wird sich die große Bedeutung der wissenschaftlichen Erforschung der tierischen Gifte ganz von selbst ergeben.

Literatur über tierische Gifte.

Zusammenfassende Darstellungen (mit zahlreichen Literaturangaben).

- Edwin Stanton Faust, Die tierischen Gifte. Braunschweig (1906).
Derselbe, Darstellung und Nachweis tierischer Gifte. Abderhaldens Handb. d. biochem. Arbeitsmeth. (1910).
Derselbe, Tierische Gifte. in Abderhaldens Handb. d. biochem. Arbeitsmeth. 5. Bd., S. 354.
Th. A. Maaß, Tierische Gifte, Oppenheimers Handb. d. Biochemie (1910), III. 1. Hälfte 472.
O. Taschenberg, Die giftigen Tiere (1909).
O. v. Linstow, Die Gifttiere, Berlin (1894).

N. Rost, Tierische Gifte, Real-Enzyklopädie d. ges. Heilkunde, 4. Aufl., Berlin und Wien.

Spezielle Literatur (mit besonderer Berücksichtigung der eiweißfreien Gifte).

- John J. Abel und David J. Macht, Zwei kristallinische pharmakologisch wirksame Bestandteile aus der tropischen Kröte Bufo-Agua. Journ. of Pharmacol. a. exp. Therap. 4, 319 (1912).
Edwin Stanton Faust, Über Bufonin und Bufotalin, die wirksamen Bestandteile des Krötenhautdrüsensekretes. Arch. f. exp. Pathol. und Pharmakol. 47, 278 (1902).
Derselbe, Über das Crotalotoxin aus dem Gifte der nordamerikanischen Klapperschlange (Crotalus adamanteus), Arch. f. exp. Pathol. und Pharm. 64, 244 (1911).
Derselbe, Über das Ophiotoxin aus dem Gifte der ostindischen Brillenschlange, Cobra di Capello (Naja tripudians), Arch. f. exp. Pathol. und Pharm. 56, 236 (1907).
Derselbe, Beiträge zur Kenntnis des Samandarins, Arch. f. experim. Pathol. 41, 229 (1898).
Ferdinand Flury, Beiträge zur Chemie und Toxikologie der Trichinen, Arch. f. exp. Pathol. und Pharmakol. 73 (1913).
Derselbe, Zur Chemie und Toxikologie der Ascariden, Arch. f. exper. Pathol. und Pharmakol. 67 (1912).
Derselbe, Über das Aplysiengift, Arch. f. exper. Path. und Pharm. 79 (1915).
Derselbe, Über das Hautsekret der Frösche, Arch. f. experim. Pathol. und Pharm. 81 (1917).
Wolfgang Heubner, Über das Pfeilgift der Kalahari, Archiv f. exper. Pathol. u. Pharm. 57, 358 (1907).
Josef Langer, Über das Gift unserer Honigbiene, Arch. f. experim. Pathol. u. Pharm. 38, 381 (1896).
Derselbe, Untersuchungen über das Bienengift. (2. Mitt.) Abschwächung und Zerstörung des Bienengiftes, Arch. int. de Pharm. VI, 181 (1897).
F. Vetolitzky, Untersuchungen über den giftigen Bestandteil des Alpensalamanders, Arch. f. exper. Path. und Pharm. 51, 118 (1904).
D. Takahashi und Y. Inoko, Experim. Untersuchungen über das Fugugift, Arch. f. exper. Path. u. Pharm. Bd. 26, 401, 453 (1890), Mitteilungen der medizin. Fakultät Tokio 1, 375 (1892).
Y. Tahara, Über die giftigen Bestandteile des Tetrodon, Zeitschr. d. medicin. Gesellsch. in Tokio, 8. Heft 14, Ref. bei Maly, Jahresber. d. Tierchemie 24, 450 (1894).
Heinrich Wieland und Fried. Jos. Weil, Über das Krötengift, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 46, 3315 (1913).

Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager.

Von Prof. Dr. Ernst Jänecke, Hannover.

Seitdem zum ersten Male in Deutschland Kalisalze bekannt wurden, hat man sich auch bemüht, ihre Entstehung zu ergründen. Man erkannte sehr bald, daß die Kalilager, ebenso wie die Steinsalzlager, aus dem Meerwasser stammten. Wegen ihrer großen Löslichkeit in Wasser mußte aber ihre Entstehung sich wesentlich von der der sonstigen Meeresausscheidungen, der Sedimente, unterscheiden. Die große Mächtigkeit des Vorkommens der Salzlager hätte ungeheuer tiefe Meere vorausgesetzt, aus denen sie entstanden sein müßten, wenn die Salze einfach durch Verdunsten des Meerwassers an Ort und Stelle entstanden wären. Um dieser Forderung zu entgehen,

wurde von *Hugh-Miller* und *Lyell* die sogenannte Barrentheorie aufgestellt. Diese Theorie oder besser Hypothese ist lange für richtig gehalten und besonders von *Ochsenius* eifrig verfochten worden. Nach ihr sollte einer Meeresbucht über eine unter dem Meeresspiegel liegenden Barre ständig aus dem freien Meere Meerwasser zugeführt werden, das hier stark verdunstete, Salzabscheidungen veranlaßte und so zu den mächtigen Salzablagerungen führte. Zum Vergleich wurde die Karabugas im Kaspisee herangezogen, in der Ähnliches vor sich geht. Diese „Barrentheorie“ mußte mit dem geologischen Vorkommen in Einklang gebracht werden. Hiernach gehören die Salzablagerungen von Mittel- und Norddeutschland zum oberen Zechstein. Man verlegte die hypothetische Barre an die verschiedensten Stellen, bis die ganze Hypothese als unhaltbar erkannt wurde. Von paläontologischer Seite war schon mehrfach darauf hingewiesen, daß nach der Barrentheorie unbedingt in den Salzen die durch das freie Meer zugeführten Lebewesen gefunden werden müßten, was nicht der Fall war.

Es steht jetzt fest, daß die Kalisalzlager aus einem Zechsteinmeere entstanden sind, dessen Umfang außerordentlich viel größer war als das Gebiet, in dem jetzt Kalisalze gefunden werden. Es war begrenzt im Osten vom Ural, im Südosten vermutlich durch ein breites Sumpfland, im Süden von der böhmischen Masse und dem vindelicischen Gebirge an der Stelle der heutigen Donauebene und im Westen von der durch Frankreich, Belgien, Südengland und Irland gehenden armorikanischen Gebirgskette. Die Salzmenge dieses Binnenmeeres kann auf mehr als eine Billion Kubikmeter geschätzt werden. Der ganze Untergrund senkte sich im Süden allmählich immer mehr, das Meer schrumpfte beim Verdunsten immer mehr zusammen und führte zu immer kleineren „Salzpfannen“. In dem trockenen Klima schieden sich nach Maßgabe ihrer Löslichkeit die Salze aus; zuletzt die Kalisalze, die deswegen nur in einem kleinen Gebiete des ursprünglich großen Zechsteinmeeres gefunden werden. Diese „Wüstentheorie“ geht auf *Johannes Walther* zurück, der sie von Anfang an vertreten hat. Sie ist in bester Übereinstimmung mit den geologischen und chemischen Tatsachen.

Für die chemische Erklärung der Kalisalzvorkommen sind die bekannten Forschungen von *van't Hoff* grundlegend gewesen. Sie bilden auch noch jetzt zusammen mit den ergänzenden Arbeiten seiner Schüler, besonders *D'Ans*, die Erklärung für den so verwickelten Aufbau der Kalisalzlager. Solange angenommen wurde, daß diese sich auch in der Art wiederfinden mußten, in der sie ursprünglich aus dem Meerwasser zur Ausscheidung gelangten, konnte nur in großen Zügen eine Übereinstimmung der *van't Hoff'schen* Untersuchung mit dem tatsächlichen Vorkommen festgestellt werden. Um den verschiedenen Un-

stimmigkeiten zu begegnen, wurden deshalb mehrfach *ad hoc* gemachte Hypothesen aufgestellt, von denen folgende erwähnt werden sollen:

Nach *van't Hoff* muß aus Meerwasser beim Verdunsten bei 25° die Hauptkalisalzmenge als Kainit ausfallen. Dieser findet sich aber in der Natur in den Lagern fast gar nicht, wenn man von den sogenannten „Salzhüten“ absieht, deren Entstehung mit der Zuführung von Grundwasser zusammenhängt. Um dieser Forderung der *van't Hoff'schen* Untersuchungen der Salzlösungen von 25° aus dem Wege zu gehen, wurde zeitweise angenommen, die Salzausscheidung sei bei höherer Temperatur erfolgt, bei der Kainit *nicht mehr* primäre Ausscheidung wäre. Spätere Untersuchungen zeigten dann, daß auch für andere Temperaturen Kainit die hauptsächlichste Kaliausscheidung ist, so daß jede Theorie diese Tatsache stets zu beachten hat.

Eine große Zahl von Veröffentlichungen wurde durch das Vorkommen von Hartsalz, eines Gemenges von Sylvit und Kieserit, veranlaßt. Primär kann sich ein solches Gemenge aus Meerwasser beim Verdunsten nur oberhalb 72° ausscheiden. Die Chemiker nehmen daher mehrfach konsequenterweise eine solche hohe Temperatur für das Zechsteinmeer an, während dieses von geologischer Seite bekämpft wurde. Auch die bekannte heizende „Glashauswirkung“ wurde zur Erklärung der höheren Temperatur herangezogen, seit man beobachtet hatte, daß in ungarischen salzhaltigen Seen die Temperatur sich dadurch stark steigerte, daß die Seen sich mit einer dünnen Schicht Süßwasser überlagerten. Hierbei wurde ganz vergessen, daß eine Salzausscheidung doch nur beim Verdunsten von Wasser eintreten kann, die aber gerade durch die Überlagerung mit Süßwasser verhindert wird.

Eine andere Hypothese, die lange Zeit für richtig gehalten wurde und die auch jetzt noch manchmal erwähnt wird, ist von *Everding* aufgestellt. Hiernach wurden unmittelbar nach ihrer ersten Ausscheidung die Salzlager erneut überflutet, wodurch die zuerst ausgeschiedenen Salze teilweise in sogenannte „deszendente“ verwandelt wurden. Auch diese Deszendenztheorie kann als allgemeine Erklärung nicht aufrecht erhalten werden, da sie nicht mit den geologischen und chemischen Tatsachen in Einklang zu bringen ist. In einzelnen kleinen Bezirken ist eine Deszendenz immerhin möglich.

Anschließend an die bekannte Erscheinung der wasserführenden Schichten sind auch mehrfach *Durchtränkungsvorgänge* zur Erklärung bestimmter Erscheinungen herangezogen. Es läßt sich schwer vorstellen, wie Wasser Salzmassen durchtränken soll. Kann doch Wasser in Salz niemals wie in andere Gebirgsschichten eindringen, sondern nur unter Bildung gesättigter Lösungen. Auch für eben abgelagerte Schichten nimmt neuerdings *Róczy* Durchtränkungen an, und zwar soll Chlormagnesialauge Schichten durchsetzt haben, die

10 m und mehr stark waren. Dieses ist rein hypothetisch.

Eine vollständige Erklärung unserer Kalisalzlager kann erst gegeben werden, wenn die Veränderungen berücksichtigt werden, die die Salze durch Einsinken in die Erde im Mesozoikum, im Mittelalter der Erde, und Wiederauftauchen im Känozoikum, in der Neuzeit, erlitten haben. Obwohl sich aus den Untersuchungen *van't Hoff's* diese Veränderungen erklären lassen, hat doch dieser selbst ihnen kein Gewicht beigelegt. Zum ersten Male weist wohl *Rinne* gelegentlich auf die Möglichkeit solcher Veränderungen hin, ohne ihnen aber wesentliche Bedeutung zuzumessen. Diese Veränderungen wurden eben nicht als besonders wichtig angesehen, und noch *Arrhenius* fand auf dem Kalitage in Göttingen (1912) in dieser Hinsicht allgemeinen Widerspruch. Ihm und *Lachmann* gebührt aber das unzweifelhafte Verdienst, zum ersten Male mit Nachdruck die Veränderungen der Salze im Erdinnern betont zu haben, wenngleich ihre Ansichten im einzelnen allerdings auch noch zu ändern sind.

Im folgenden wird gezeigt werden, wie bei Berücksichtigung der Veränderung der Kalisalze durch die Erdwärme eine vollständige Übereinstimmung zwischen Theorie und geologischem Befund erzielt wird. Die Theorie ergibt hierbei verschiedene Möglichkeiten, für welche sich Beispiele in den mannigfaltig verschiedenen Kalisalzlagern vorfinden.

Es soll jetzt weiter erörtert werden, wie die Salzausscheidung im besonderen vor sich ging. Die genaue Zusammensetzung des Meerwassers im Zechsteinmeer ist nicht bekannt, es darf aber angenommen werden, daß sie der jetzigen fast gleich war.

Werden seltenere Salze (z. B. solche mit Bor, Brom, Jod) zunächst außer acht gelassen, so ist die Ausscheidungsfolge bis zum Auftreten der kalihaltigen Salze leicht zu verfolgen. Die Temperatur, bei der sich die Salze ausschieden, hat auf ihre Menge verhältnismäßig geringen Einfluß. Die erste Ausscheidung aus Meerwasser besteht in den kohlensauren Kalk- und Magnesiumsalzen, dementsprechend besteht die unterste Schicht der Salzlager (I) aus dem Zechsteinkalk. Hieran schließt sich eine Ausscheidung von Gips (II), darauf eine solche eines Gemenges von Gips mit Steinsalz (III), dann Anhydrit und Steinsalz (IV) und endlich Polyhalit und Steinsalz (V). Zwischen IV und V schiebt sich vielleicht das Kalksalz Glauberit ein.

Erst nach diesen Ausscheidungen beginnen sich Kalisalze niederzuschlagen. Von besonderem Interesse ist es hierbei, zu verfolgen, wie sich die Wassermenge verringert und damit das Salzbecken zusammenschrumpft. Nimmt man in bestimmtem Maße gemessen an, die ursprüngliche Wassermenge ließe sich durch die Zahl 75 000 angeben, so wird diese am Ende der mit I, II, III, IV, V

genannten Perioden zu 45 500 (I), 6000 (II), 5500 (III), 3300 (IV) und 1200 (V). Der Wassergehalt ist also von 75 000 auf 1200 zurückgegangen, ehe Kalisalze zur Ausscheidung gelangten.

Aus diesen Zahlen lassen sich bemerkenswerte Schlüsse auf die Zeitdauer der einzelnen Ausscheidungen machen. Unter der Annahme einer stets gleichen Tiefe des Zechsteinmeeres lassen sich aus den angegebenen Zahlen die Zeiten berechnen, wenn hierbei noch berücksichtigt wird, daß ein Teil des Wassers als Kristallwasser gebunden wird. Für die einzelnen Perioden sind dann, wenn die Gesamtdauer mit 100 000 Jahren angenommen wird, schätzungsweise folgende Zeiten anzugeben:

- I. 40 000 Jahre, Ausscheidung der kohlensauren Salze,
- II. 52 000 Jahre, Ausscheidung von Gips,
- III. 1000 Jahre, Ausscheidung von Gips und Steinsalz,
- IV. 3000 Jahre, Ausscheidung von Anhydrit und Steinsalz.
- V. 3000 Jahre, Ausscheidung von Polyhalit und Steinsalz.



Fig. 1. Schrumpfung des Zechsteinmeeres beim Verdunsten bis zum Beginn der Kalisalzausscheidung.

Bei Beginn der Kalisalzausscheidungen wären also bereits rund 99 000 Jahre verflossen, so daß diese für sich nur 1000 Jahre dauerten. Die Schrumpfung des Zechsteinmeeres beim Verdunsten wird besonders durch eine zeichnerische Darstellung klar, welche gemacht wird immer unter der Annahme, daß die Wassermengen ein Becken von stets gleichbleibender Tiefe erfüllen. In Fig. 1 stellt der große Kreis mit dem Radius 100 den ursprünglichen Flächeninhalt des Zechsteinmeeres dar, die betreffenden Kreisradien am Ende der fünf Perioden sind dann 75 (I), 30 (II), 28 (III), 18 (IV), 13 (V). Das Bild zeigt sehr deutlich, daß die Gebiete, in denen Kalisalze gefunden werden können, ganz erheblich geringer sind als diejenigen, in welchen Steinsalz und die schwefelsauren Kalksalze entstehen können. Insbesondere ist auch noch das Gebiet, in dem nur Kalksalze ausfallen, erheblich größer als das Steinsalzgebiet. Diese Forderung steht in schönster Übereinstimmung mit dem natürlichen Vorkommen, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß der Gips später zu Anhydrit geworden ist, was unten noch genauer erörtert ist.

Auch die sich ausscheidenden Gewichts-

mengen können berechnet werden, wenn hierzu die Untersuchungen über die Löslichkeit der Meerwassersalze in Wasser zugrunde gelegt werden. Auf insgesamt 100 Salz in Wasser lassen sich die Zahlenwerte für die einzelnen Gewichtsmengen schätzen zu: 3 für II, 9 für III, 30 für IV und 30 für V. Die größte Menge Salz ist also bereits verschwunden, wenn die Ausscheidung der Kalisalze beginnt. Die vorhandene Lauge enthält fast kein Ca mehr. Ebenso ist nur noch wenig Natriumchlorid in den Laugen enthalten.

Viel verwickelter werden die Betrachtungen für die Salzausscheidungen der kalihaltigen Salze. Vorher wurde das Meerwasser im wesentlichen nur ärmer an Chlornatrium und schwefelsaurem Kalk. Die zurückbleibenden Lösungen behielten also, hiervon abgesehen, dieselbe Zusammensetzung. Die im weiteren Verlauf der Eintrocknung ausfallenden Salze sind aber von der verschiedensten Zusammensetzung, so daß die weitere Verfolgung der Zusammensetzung erheblich schwieriger ist. Zudem hat die Temperatur auf die Art der Ausscheidung den größten Einfluß.

Es ist wohl kaum möglich, die Vorgänge genau auseinanderzusetzen, ohne daß man sich graphischer Darstellungen bedient. Auch *van't Hoff* benutzte solche, doch sollen seine Untersuchungen in anderer Darstellung gegeben werden. Diese Darstellung von *Jänecke* wird jetzt allgemein benutzt, da sie wesentliche Vorzüge gegenüber der älteren besitzt.

Es ist dabei notwendig, für die komplizierten Salzgemenge eine eindeutige graphische Darstellung zu gewinnen. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um die salzsauren und schwefelsauren Salze von Natrium, Kalium und Magnesium. Es muß also das Mischungsverhältnis von nicht weniger als sechs verschiedenen einfachen Salzen dargestellt werden können. In einer Zeichenebene kann dieses nur unter bestimmten Voraussetzungen, und zwar unter Vernachlässigung von Chlornatrium, geschehen. Für das zu lösende Problem ist dieses eine geringe Einschränkung, da alle Lösungen stets an NaCl gesättigt sind, das durch eine besondere Betrachtung mit berücksichtigt werden kann. Die graphische Darstellung¹⁾ beruht nun darauf, daß man den Gehalt aller möglichen Salze, Gemenge, Doppelsalze derart darstellt, daß man die molekularen Mengen Mg, K₂ und SO₄ benutzt und alles auf Formeln zurückführt, in denen diese Zahlenwerte insgesamt 100 sind. Die Formeln sind also derart, daß bei $x K_2$ und $y Mg$ sich $(100 - x - y) SO_4$ ergeben

müssen. Hierbei sind x und y also Zahlen, die von 0 bis 100 veränderlich sind. Natürlich sind nur in besonderen Fällen die Zahlenwerte von x , y und $(100 - x - y)$ solche, daß sich gerade neutrale Salze ergeben¹⁾; da es sich aber nur um diese handelt, muß noch eine gewisse Menge des in der Darstellung nicht berücksichtigten Na₂ oder Cl₂ zur Vervollständigung der Formeln herangezogen werden.

Um nun x und y darzustellen, benutzt man schiefwinkelige Koordinaten mit einem Achsenwinkel von 60°. Alle Werte von x und y zwischen 0 und 100 liegen dann in einem gleichseitigen Dreieck mit der Seitenlänge 100. Durch die Benutzung der schiefwinkeligen Koordinaten wird also erreicht, daß ein gleichseitiges Dreieck entsteht, in dessen Ecken die Salze K₂Cl₂, MgCl₂ und Na₂SO₄ liegen. Gemische aus zweien dieser drei Salze liegen auf den Seiten; Gemische, die gleichzeitig Kalium, Magnesium und Sulfat enthalten, liegen im Innern des Dreiecks. In Fig. 2 ist dieses Dreieck gezeichnet und einige

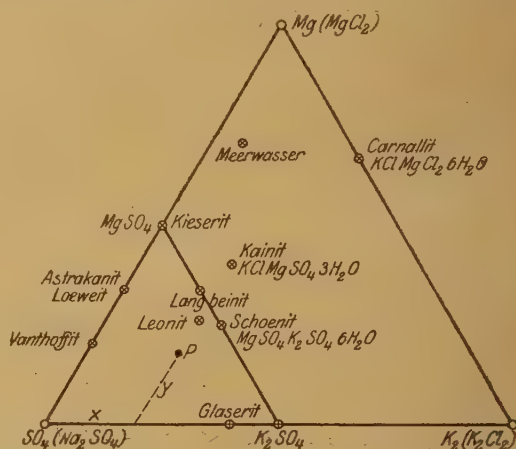


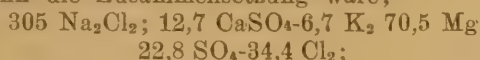
Fig. 2. Zur graphischen Darstellung des Mischungsverhältnisses dreier Komponenten eines Salzgemenges.

einfache und Doppelsalze eingetragen. Man erkennt, daß die Salze, die Mg und SO₄ enthalten (Astrakanit, Na₂Mg(SO₄)·4 H₂O, Loewit Na₂Mg(SO₄)·2½ H₂O sowie Vanthoffit Na₆Mg(SO₄)₄, auf der Seite Na₂SO₄-MgCl₂ liegen. Glaserit von der Formel Na₃K₂(SO₄)₂ liegt auf der Seite Na₂SO₄-MgCl₂ und Carnallit KCl·MgCl₂·6 H₂O auf K₂Cl₂-MgCl₂. Die anderen Salze: Kainit KCl·MgSO₄·3 H₂O, Langbeinit K₂Mg₂(SO₄)₃, Schönit K₂Mg(SO₄)₂·6 H₂O und Leonit (NaK)₂Mg(SO₄)₂·4 H₂O enthalten gleichzeitig K, Mg und SO₄ und liegen deshalb im Innern des Dreiecks. Auch der Punkt, der dem Mischungsverhältnis der Salze im Meerwasser entspricht, ist in der Figur vermerkt. Dieses Gemenge hat dabei die Formel 6,7 K₂, 70,5 Mg, 22,8 SO₄·34,4 Cl₂. Würde noch die nicht mit zur Darstellung gelangende Kochsalzmenge herangezogen, so erhielte man für Meerwasser, ehe eine

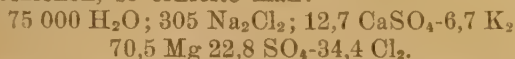
¹⁾ Nämlich dann, wenn $x + y = 100 - x - y$, also $x + y = 50$.

¹⁾ Diese Darstellung kann hier nur kurz skizziert werden. Ausführlich ist sie angegeben in der Zeitschrift für anorganische Chemie 1906 und 1907, Bd. 51, 52, 53, 54 sowie Kali 1907, 54, 3/9, ferner in den Büchern *Jänecke*, Gesättigte Salzlösungen (Knapp, Halle 1908), S. 157 u. f., oder *Jänecke*, Entstehung der Kalilager (Vieweg, Braunschweig 1915), S. 10 u. f., oder *Boeke*, Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie (Borntraeger, Berlin 1915), S. 353 u. f., endlich Zeitschrift für angewandte Chemie 1917, Bd. 100, S. 176—236, oder Kali 1919 (Juniheft).

Salzausscheidung, begonnen hat, die Formel $305 \text{ Na}_2\text{Cl}_2 \cdot 6,7 \text{ K}_2$, $70,5 \text{ Mg}$, $22,8 \text{ SO}_4 \cdot 34,4 \text{ Cl}_2$; an CaSO_4 käme sodann noch $12,7$ hinzu, so daß alsdann die Zusammensetzung wäre;

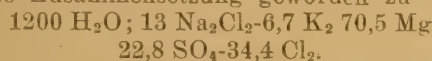


wollte man noch den Wassergehalt in die Formel einbeziehen, so erhielte man:



Dieses ist also die durch eine Formel ausgedrückte Zusammensetzung des Meerwassers, ehe die Verdunstung begonnen hat. Aus ihr ersieht man, weshalb vorher die Zahl $75\,000$ für den Wassergehalt des Meerwassers benutzt wurde¹⁾.

Nachdem sich die Kalksalze sowie die größte Menge Chlornatrium ausgeschieden hatten und die erste Ausscheidung von Kalisalzen begann, war die Zusammensetzung geworden zu



Es bleibt also zu untersuchen, wie sich diese Lösung verändert, wenn die Verdunstung weitergeht, was zunächst für die Temperatur von 25° geschehen soll.

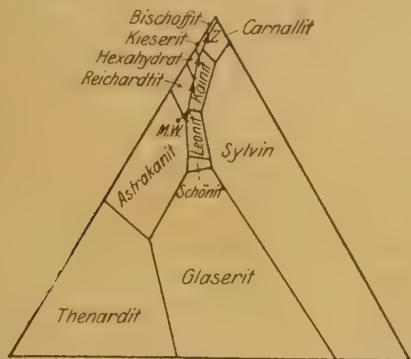


Fig. 3. Diagramm der Art und der Menge der nach der Sättigung bei 25° beim Eindunsten ausfallenden Salze.

Die Figur, die sich für Sättigung bei 25° ergibt, ist in der angegebenen Art in dem gleichseitigen Dreieck dargestellt. Die Figur zeigt verschiedene Felder, die die Sättigungsfelder der zugehörigen Salze darstellen. Die begrenzten Seiten beziehen sich auf Lösungen mit zwei Salzen als „Bodenkörper“, und stoßen zu je drei in Punkten zusammen, in denen sich also Lösungen befinden, die gleichzeitig drei Salze als Bodenkörper enthalten können. Damit die Darstellung vollständig ist, muß noch der Wassergehalt jedes Gemisches berücksichtigt werden. Man kann dieses, wenn man zu einer räumlichen Darstellung übergeht, in der der Wassergehalt als Ordinate senkrecht zur Dreiecksfläche errichtet wird. So erhält man ein Sättigungsbild für 25° .

¹⁾ Multipliziert man die angegebenen Zahlen der Formel mit den betreffenden Molekulargewichten, so erhält man die Gewichtsmengen, und diese ergeben z. B. auf ein Liter umgerechnet die in einem Liter Meerwasser enthaltene Menge der betreffenden Salzbestandteile.

wie es die Fig. 3 angibt. Aus diesem läßt sich nun quantitativ genau angeben, welchen Verlauf die Verdunstung nimmt. Die Änderung des Meerwassers beim Eindunsten ist angezeigt durch den von MW in Fig. 3 und 4a ausgehenden Linienzug, der im Punkte Z endigt. Auch die Art und Menge der sich ausscheidenden Salze ist aus der Figur zu ersehen, und zwar sind es die Salze, deren Sättigungsfelder von der *Kristallisationsbahn* durchschnitten oder berührt werden. Die *Kristallisationsbahn* ist hierbei der Linienzug, den die Lösung infolge Ausscheidung der Salze in der Figur durchläuft. Die betreffenden Salzgemenge sind nacheinander, wenn die vorige Numerierung fortgesetzt wird, die folgenden: VI. Astrakanit, Reichardt; VII. Leonit mit Reichardt; VIII. Kainit mit Magnesiumsulfat (Reichardt, Hexahydrat, Kieserit); IX. Carnallit mit Kieserit und X. Bischoffit mit wenig Carnallit und Kieserit. Die quantitative Berechnung ergibt, daß bei der Bildung der Schichten VI—IX zusammen etwa ebensoviel Wasser verdunstet muß, wie bei der Bildung der Schicht X, die zur völligen Eintrocknung führt. Es läßt sich daraus schließen, daß die *Zeitdauer* der Bildung der Bischoffschicht etwa gerade so lang gewesen ist, wie die der vorhergehenden vier Schichten zusammengenommen. Wird die obige Zeitberechnung fortgesetzt, so läßt sich also sagen, daß von 1000 Jahren, die die Ausscheidung der letzten Schichten zusammen dauern sollte, 500 Jahre allein auf die Ausscheidung der Bischoffschicht kämen. Über die anderen Schichten kann man schätzungsweise annehmen, daß erforderlich sind für VI: 75 Jahre; VII: 75 Jahre; VIII: 200 Jahre und IX: 150 Jahre.

Bei diesen Ausscheidungen ist besonders beachtenswert, daß das Kalium in seiner größten Menge als *Kainit* und nur in geringerer Menge als *Carnallit* oder *Leonit* zur Ausscheidung gelangt.

Nach dieser Betrachtung wäre also die Schichtenfolge genau bekannt, wenn die Verdunstung genau bei 25° erfolgt wäre. Dieses ist natürlich keineswegs der Fall gewesen. Für das Wüstenklima der Zechsteinzeit kann man etwa die Temperaturen zugrunde legen, die heute in der Sahara herrschen. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß ein Meer nicht die täglichen Temperaturschwankungen der Luft mitmacht. Werden die *monatlichen* Durchschnittstemperaturen angenommen, so läßt sich annehmen, daß das Zechsteinmeer bei Temperaturen zwischen 15° und 35° verdunstet ist. Es müssen also die Löslichkeitsuntersuchungen für diese Temperaturen berücksichtigt werden.

Wie an anderer Stelle ausführlich erörtert wurde, lassen sich aus den bis jetzt bekannten Untersuchungen für alle Temperaturen zwischen 0° und 100° und darüber hinaus die Zustandsdiagramme darstellen, gerade wie es für 25° geschehen ist. Gerade zwischen 15° und 35° ist

im einzelnen die Veränderung der Löslichkeit etwas verwickelter Art. Der für die Betrachtung wichtige Teil ist in Fig. 4 nach Art einer körperlichen Darstellung angegeben. Das Bild ist gedacht als zusammengesetzt aus übereinanderliegenden Zustandsdiagrammen nach Art der Fig. 3, wenn die Temperatur von unten nach oben wächst. Dabei ist nur die Ecke (Fig. 4a) des Dreiecks dargestellt, die die Kristallisationsbahn des verdunstenden Meerwassers enthält. Die Flächen der Fig. 3 werden hier zu „Salzkörper“.

Im besonderen ist zu ersehen, daß der „Sylvinkörper“ durch zwei annähernd senkrechte „Wände“

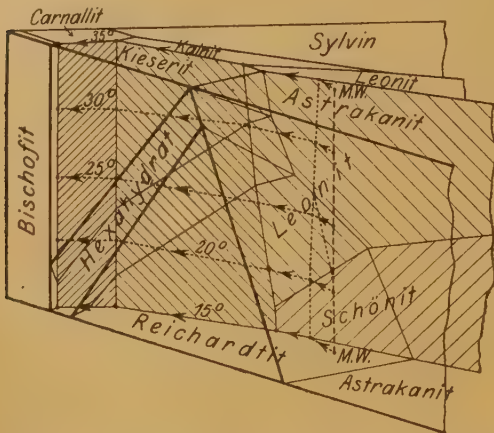


Fig. 4. Zur Untersuchung der Ausscheidungen durch das Eindunsten bei den jährlich zwischen 15° und 35° schwankenden Temperaturen.

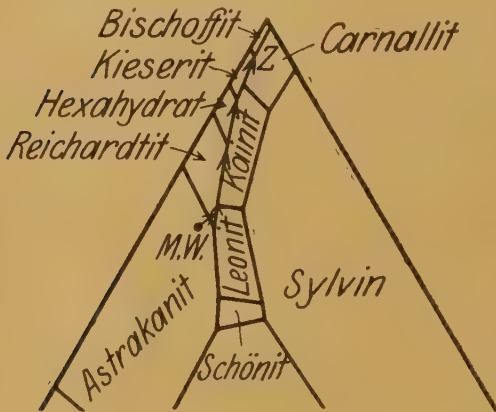


Fig. 4a. Ecke der Fig. 3 vergrößert.

von den für Astrakanit und Magnesiumsulfat geltenden Körpern getrennt ist, was also besagt, daß bei diesen Temperaturen Sylvin niemals mit Magnesiumsulfat und Astrakanit gemeinschaftlich Bodenkörper sein kann.

Der Verlauf der Kristallisationsbahn ist für die Temperaturen 15°, 20°, 25°, 30° und 35° gezeichnet und durch Pfeile angedeutet. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, daß bei niederen Temperaturen Schönit an Stelle von Leonit und Reichardt an Stelle von Kieserit tritt. Die Senkrechte, die für das Meerwasser gilt,

durchstößt bei 22° den Reichardtörper, was also bedeutet, daß unterhalb 22° Reichardt, oberhalb Astrakanit die erste Ausscheidung sein würde. Aus der Figur wäre zu ersehen, welche Salze zur Ausscheidung gelangten, wenn das Meerwasser bei irgendeiner konstanten Temperatur, die zwischen 15° und 35° liegt, verdunstet wäre. Es soll aber untersucht werden, welcher Art die Ausscheidungen wären, wenn sie bei den jährlich zwischen 15° und 35° schwankenden Temperaturen eindunsteten. Selbstverständlich kann die Veränderung, die das Meerwasser im Laufe der angenommenen 500 Jahre wirklich erlitten hat, nur durch eine ganz bestimmte Kristallisationsbahn in der Figur angegeben werden. Zwischen 15° und 35° weichen die einzelnen Bahnen aber voneinander ab, wie es noch Fig. 5 besonders zeigt. Nimmt man einen Weg an, der etwa in der Mitte der drei Kurven liegt, so kann dieser

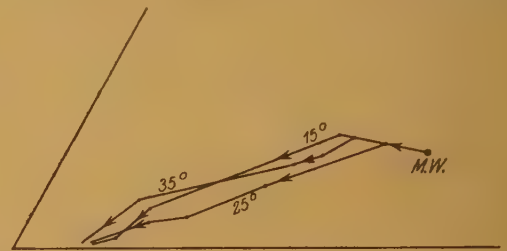


Fig. 5. Abweichung der Kristallisationsbahnen voneinander zwischen 15° und 35°.

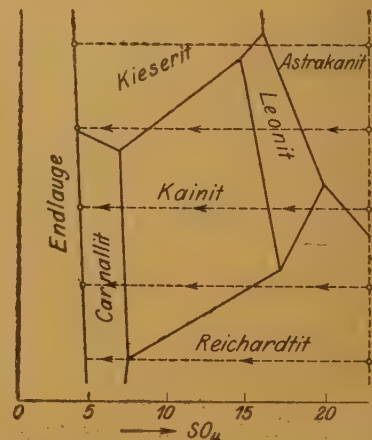


Fig. 6. Diagramm der beim Verdunsten des Zechsteinmeeres tatsächlich ausgeschiedenen Salze.

als der Weg gelten, den die Zusammensetzung des Meeres infolge Ausscheidung der Salze genommen hat. Es muß also der Durchschnitt dieses Linienzuges mit dem räumlichen Körper aufgesucht werden.

Hierbei ergibt sich die verhältnismäßig einfache Fig. 6. Diese gibt also an, welche Salze tatsächlich zur Ausscheidung gelangten, als das Zechsteinmeer verdunstete. Es kommen also nur in Betracht drei Kalisalze, nämlich Leonit, Kainit und Carnallit, ferner die beiden Magnesiumsulfate Reichardt und Kieserit, das natriumsulfat-

haltige Salz Astrakanit und das Endlaugensalz Bischofit. Bei der Untersuchung der Salzausscheidungen muß in dieser Figur noch der Wassergehalt berücksichtigt werden, der zu gesättigten Lösungen führt und der für die tiefen Temperaturen größer ist als für die höheren.

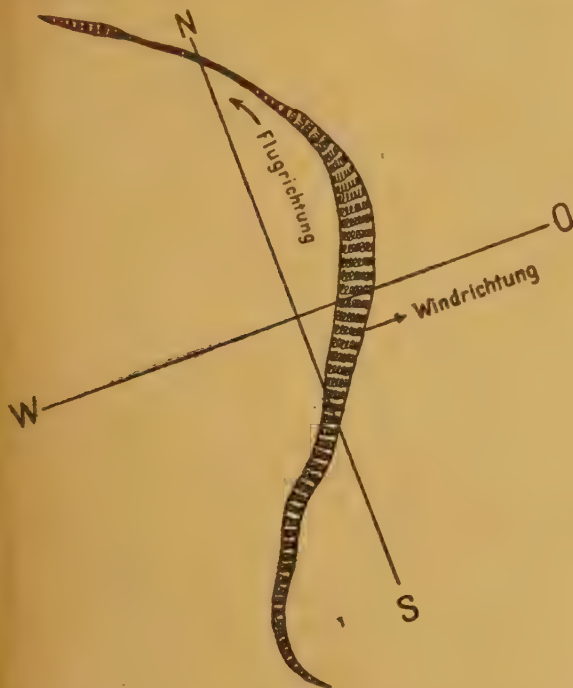
Die sich bildenden Schichten lassen sich jetzt bezeichnen als: VI. kalifreie Schicht (Reichardt, Astrakanit), VII. Kalimagnesiaschicht, VIII. Kainitschicht, IX. Carnallitschicht und X. Bischofitschicht. Diese Schichten zeigen Übergänge miteinander, besonders die Kalimagnesiaschicht, wie aus der Fig. 6 hervorgeht. Bei der Ausscheidung der Kalisalze, also im Laufe der angenommenen 500 Jahre, veränderte sich das Meerwasser derart, daß seine Zusammensetzung durch einen Punkt angegeben werden kann, der in der Figur pendelförmig von oben nach unten sich langsam von rechts nach links verschiebt. Nach fünfhundertmaligem Hin- und Hergehen ist er von der rechten Seite nach der linken gelangt.

(Schluß folgt.)

Zuschriften an die Herausgeber.

Wolkenbildung durch ein Flugzeug.

Am 11. Mai d. J. wurde in München die Aufmerksamkeit des Publikums durch einen Wolkenstreifen gefesselt, der sich hinter einem Flugzeug bildete, das in sehr großer Höhe flog.



Das Flugzeug war gestartet um 9 Uhr 46 Min. Um 10 Uhr 40 Min. war ein feiner Streifen zu beobachten, der in der Richtung des Flugzeuges sich fortpflanzte, so daß das Flugzeug immer den Kopf der Erscheinung bildete. Um 11 Uhr 7 Min. begann das Flugzeug den Abstieg. In der Zeit von 10 Uhr 40 Min. bis 11 Uhr 7 Min. befand sich das Flugzeug

nach der Auswertung des Barographen in einer Höhe von 8700—9300 Meter. Unter Zugrundelegung einer Geschwindigkeit von etwa 120 km, die das Flugzeug in dieser Höhe mindestens hat, ergibt sich eine Länge des Gebildes von ca. 50 Kilometern.

Allmählich verbreiterte sich das Gebilde und nahm eine senkrecht zur Längserstreckung wellenförmige Struktur an oder, wie sich sehr anschaulich ein Beobachter ausdrückte, „es glich einem Schlangenskelette“. Man sah jede einzelne Wirbelgruppe des Auspuffs in wunderbar klarer Ausbildung. Die einzelnen „Wirbel“ des Skeletts traten in regelmäßigen Abständen auf. Schließlich entwickelte sich das ganze Band zu einer regelrechten Cirruswolke; um 11 Uhr 40 Min. trat die Erscheinung eines Sonnenrings auf, der sich in dem Augenblicke entwickelte, als die Wolke die Sonne passierte. Zu sehen war der nördliche und der südliche Teil des Rings auf der normalen Entfernung von 22 Grad. Nach etwa 3 Minuten verschwand der Sonnenring wieder. Die Wolke zog mit mäßiger Geschwindigkeit in östlicher Richtung ab, wobei sie immer mehr das Aussehen einer normalen Cirruswolke annahm und alles Auffällige verlor.

Die beifolgende Skizze, die um 11 Uhr 20 Min. aufgenommen wurde, mag ein ungefähres Bild der Erscheinung geben, die in München viel Aufsehen erregt hat.

Die Erklärung für das Zustandekommen der Wolke ist einfach. An dem betreffenden Tage herrschte in München starke Gewitterneigung, die sich von 11 Uhr ab in allmählich zunehmender Cirrusbewölkung verriet. Das Flugzeug hat mit dem in den Auspuffgasen austretenden feinverteilten Kohlenstoff die nötigen Kondensationskerne in die mit Wasserdampf übersättigte Atmosphäre getragen und dadurch die Wolkenbildung spontan ausgelöst. Und wie die Bildung von Eisblumen am Fenster in ihren Formen willkürlich beeinflusst werden kann durch beliebig mit der Hand oder mit einem Lappen oder sonstwie aufgetragene Linien, so kennzeichnen die Cirren auch einen Bewegungszustand der Atmosphäre zu einem vorangehenden Zeitpunkt. Die Cirren sind somit den Eisblumen analoge Erscheinungen.

Vielleicht bietet der Zufall bei der Fortsetzung der Versuche zur Erlangung des Höhenweltrekordes noch einmal Gelegenheit, das interessante Schauspiel zu beobachten.

München, den 21. Juni 1919.

L. Weickmann.

Geographische Mitteilungen.

Mesopotamien (Carl Uhlig, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin, Jahrg. 1917, Heft 6, 7 und 8). Während die Engländer sich schon im Frieden durch emsige verschwiegene Forschungsarbeit auf den mesopotamischen Krieg vorbereitet hatten, haben wir erst während des Krieges diesem Lande erhöhte geographische Aufmerksamkeit gewidmet. Seit Carl Ritters Zeiten wird von Uhlig zum ersten Male der Versuch einer wissenschaftlichen landeskundlichen Darstellung unternommen. Die Abhandlung kann sowohl hinsichtlich des Gegenstandes als auch der Bearbeitung eine Schwesterarbeit von Schotts kürzlich besprochener *Geographie des Persischen Golfs und seiner Randgebiete* gelten und bildet gleich jener einen wertvollen Baustein zur Länderkunde des Orients.

Das etwa zwei Drittel der Fläche Deutschlands umfassende Mesopotamien ist weniger ein „Zwischen-

stromland“, wie es die Alten oder eine „Insel“ (El Dschesire), wie es die Araber nannten, als vielmehr ein „Zweistromland“, das Land des Euphrat und Tigris. Von höherer Warte aus gesehen, ist es das Übergangsgebiet zwischen der Wüstentafel der Alten Welt und dem Gürtel ihrer jungen Hochgebirge, vom geologischen Standpunkte aus die seichte Vortiefe des persisch-taurischen Faltungsgebietes. Von Osten her senden die Gebirgsfalten einige Vorläufer in das wesentlich horizontalgeschichtete Flachland vor (Dschebel Hamrin). Im Nordwesten zeigen von Brüchen begrenzte gehobene Schollen (Dschebel Bischri) das in Syrien verbreitete NO-Streichen. Andere syrische Streichrichtungen treten auch in Mesopotamien hervor, hin und wieder z. B. im Verlaufe der großen Ströme. Das Land ist ein Gebiet häufiger Oszillation; das Meer transgredierte wiederholt und wich unter Hinterlassung seichter, verlandender Becken wieder zurück. (Daher die Gips-, Salz- und Naphthalager.) Die trotz dieser mit ausgedehnten vulkanischen Ergüssen einhergehenden Krustenbewegungen im Gegensatz zur syrischen wenig gebrochene, zur jungen Verebnungsfläche abgetragene mesopotamische Scholle ist im Norden überwiegend von tertiären, im Süden von quartären Ablagerungen bedeckt, hier vor allem auch von den rasch meerwärts vordringenden fruchtbaren Absätzen der Ströme. — Das Klima hat keinerlei indisch-monsunische Züge. Mit seinen hohen Sommertemperaturen (Maximum 50°) und starken Wärmeschwankungen (jährlich bis 30°, täglich bis 23°) ist es ausgeprägt kontinental. Im Sommer herrschen die „etesischen“ Winde des östlichen Mittelmeerbeckens, die, über kontinentale Räume streichend, Trockenheit ohne Kühlung bringen; im Winter wehen bei gleicher Vorherrschaft auch östliche, besonders südöstliche Winde. Diese entführen Feuchtigkeit aus dem Persischen Golf und den Sümpfen des Irak ins Innere, während ostwärtswandernde Tiefdruckgebiete mittelmehrseische Niederschläge spenden. Winde und Niederschlagsverteilung erinnern an das Mittelmeergebiet, Niederschlagsarmut und Temperaturen an Ägypten, wo allerdings jene noch größer ist, diese mehr ausgeglichen sind.

Gleich Ägypten deckt die reichliche Hälfte Mesopotamiens seinen Wasserhaushalt aus fernen Niederschlagsgebieten, wird es vornehmlich durch das Hochwasser seines Strompaars befruchtet. Der Tigris steigt von Februar bis April und erreicht im August seinen Tiefstand; der Euphrat verspätet sich infolge der später einsetzenden Schneeschmelze in Armenien um einige Wochen (Hochwasser des Nil Juli bis Oktober). Verglichen mit dem stärkeren gleichmäßigeren Schwellen des Nil sind die Hochwasser Mesopotamiens unperiodisch schwankend und heftig und daher der Schifffahrt und dem Anbau weniger günstig. Die im Gegensatz zu Ägypten den menschlichen Werken feindliche Natur hat durch Zerstörung der Deiche und Kanäle der Chalifenzeit mehr zum Verfall des Landes beigetragen als Roheit und Zerstörungswut der später einbrechenden Völkerwellen. Dem Nil ähneln Euphrat und Tigris durch den Besitz von Stromschnellen im Oberlaufe und durch den starken Verdunstungsverlust in den unteren Abschnitten. (Die Wassermenge des Schatt-el-Arab, des gemeinsamen Mündungsarmes, ist erheblich geringer als die Summe derer bei Bagdad bzw. Hit.) Sie unterscheiden sich vom Nil aber durch Nebenflußreichtum.

Was die Pflanzenwelt anbelangt, so sind klimatisch bedingt die $\frac{1}{20}$ des Gebietes umfassenden Wüsten und

die $\frac{9}{10}$ ausmachenden wüstenhaft dürrer, nur im kurzen Frühjahr zu vorübergehendem zauberhaften Flor erwachenden Steppen; edaphische Formationen sind die periodischen Sümpfe des Südens und der einst allgemeine, im Laufe der Jahrtausende gelichtete Galeriebusch der Flußufer. Ursprünglichen Baumbestand im Berglande zeigen die der Siedlungsdichte gewissermaßen umgekehrt proportionalen sekundären mit Tamarisken gemischten Dickichte an; im übrigen sind Baum und Strauch angepflanzt. — Die Tierwelt ist mittelmehrseisch-nordafrikanisch (Wildesel, Hyäne, Schakal, früher Löwe). Bär, Fuchs und Hirsch im Norden weisen auf höhere, die Gazelle auf niedere Breiten hin. Wasservogelwild und Steppenhuhn und die zur schlimmen Landplage werdende Heuschrecke entsprechen den verbreiteten Landschaftstypen. Den fischreichen Flüssen fehlt das Krokodil; doch dehnt der Haifisch seine Streifen hoch stromaufwärts aus. Die krankheitsübertragende Mücke *Phlebotomus* (Pappataciefieber) weist auf Südeuropa, der pestverbreitende Rattenfloh auf Indien hin. Auch Anopheles (Malaria) fehlt nicht.

Soviel über die uns hier allein interessierende Beschreibung der Landesnatur, der eingehende Schilderungen der Einzellandschaften und eine Betrachtung über Verkehrslage und Wirtschaft in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft mit besonderer Berücksichtigung des Wiederaufbaus dieses uralten Kulturgebietes folgen.

Die Landschaften Rumäniens (W. Behrmann. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin 1919, Heft I/II). Der im April 1918 gegründeten Abteilung Landeskunde für Rumänien war das Geschick weniger günstig als der landeskundlichen Kommission für Polen. Infolge des unglücklichen Kriegsausganges vermochte sie ihre Ergebnisse nicht in so einheitlicher abgeschlossener Form vorzulegen wie jene. Ihre Arbeiten werden vielmehr an verschiedenen Orten verstreut erscheinen. Den Anfang macht Dr. Behrmann, der Leiter der Abteilung, mit einem übersichtlichen Bilde der Landschaft des besetzten Rumäniens.

Rumänien, das Zwischenland zwischen dem Karpathenbogen und seinem Spiegelbilde, dem unteren Donaulaufe, zerfällt in drei Landschaften, *Donautal*, *wallachische Ebene* und *Gebirge*. Der Strom folgt dem tektonischen Bruchrande der bulgarischen Platte; die Ebene ist aus dem Abtragungsschutte des Gebirges aufgebaut, das schon im Mesozoikum bestand, später das südliche Vorland in seine Bewegungen einbezog und noch heute sein Gleichgewicht nicht erreicht hat (Erdbeben). Gegen Mitteleuropa abgeschlossen, gegen Osteuropa geöffnet, weist Rumänien mehr osteuropäischen Landschafts- und Klimacharakter auf (Lößsteppen, kontinentales Klima). — Die oberhalb des Eisernen Tores flach eingetieft Donau ist bis Calafat tief eingesenkt und fließt dann in einem weiten, allmählich oder in Terrassen abfallenden, von den Alluvionen des windungsreichen Stromes erfüllten amphibischen Niederung, der *Balta*, in der nur zeitweilig Fischer in Hütten auf den Flußdämmen und zeltbewohnende Wanderzigeuner hausen. Im untersten Teile wird der Strom von steilen, zerschluchteten, von Sickerwässern unterhöhlten Lößwänden eingefasst. Die Nebenflüsse zerlegen die Ebene in zwei Zonen, eine stromnähere, tieferzerschnittene mit tiefem Grundwasserspiegel (unsichere Ernten, Siedlungen am Wasser) und in eine fernere flachgefurchte, den Wildwässern des Gebirges ausgesetzte, nebenlaufreiche mit hohem Grundwasserspiegel (hohe Fruchtbarkeit, gleichmäßige Verteilung der Siedlungen). Die aus Lehmen, Sanden, Kiesen.

Schottern, fluviatilen, lakustren, brakischen und marinen Absätzen aufgebaute, von ostwärts wurzelndem Löß bedeckte Ebene ist am Nordrande mehrfach gehoben und stellenweis hoch aufgerichtet oder gefaltet, so daß das Petroleum und das Salz der tertiären Ablagerungen an die Oberfläche gelangt ist. Deutliche Talterrassen begleiten die tief in den lockeren Schutt eingeschnittenen und in Schottern älterer Phasen erstickenden oder verwildernden Flüsse, während die wenig festen Gehänge, unterstützt durch Waldverwüstung, großartigen Schlipfen und Rutschungen unterliegen (Wege daher auf den Graten) und in *Badland*-Landschaften umgewandelt sind. Die Karpathen bestehen im Osten des Prahovafusses aus Flyschtonen und Sandsteinen, weichem Zerstörungsschutte älterer Gebirgsphasen, die zu rundlichen Formen ausgearbeitet und von durchgreifenden Flüssen in Querkämme zerschnitten sind. Westwärts, im Gebiete der oberen Jalomitza liegt das Grenzgebiet zwischen Flysch und Urgebirge. Infolge der hier besonders ausgesprochenen Hebung ist die Zerschneidung sehr tief. Verbreitete Kalkgesteine, die in Rippen aufragen (Königstein), als Klötze von Flüssen in Schluchten durchschnitten werden oder typische Karstlandschaften bilden, bedingen mit den Buchen- und Tannenwäldern die landschaftliche Schönheit des Grenzgebietes (Sinaia). Die kristallinische Zone dagegen ist mit ihren flachen kahlen Rücken (Hochweiden, Sennbetrieb) eintönig. Abwechslung gewähren aber die das junge Gebirge in tiefen Scharten zerschneidenden alten, antezedenten Flüsse (Eisernes Tor, Roter-Turm-Paß). Bis zu 2000 m hinauf beherrscht die Erosion die Landschaft; jenseits dieser Höhe treten, angekündigt durch Moränen (bis 1600 m abwärts), die Formen einer großartigen Glazialentwicklung auf, die aber die höchsten Regionen freiließ, so daß in Höhen von 2500 m das präglaziale Relief vorliegt, eine ebene, konglomeratbedeckte Abtragungsfläche aus vergangenen Zeiten dieses vielfach bewegten Gebirges.

Der Bolson von Fiambala und seine Gebirgsrandung (Südrand der Puna de Atacama) (Walther Penck, *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin* 1918, Heft 5/6). Pencks Karte führt an die Grenze des abflußlosen Hochlandes, wo unter 26° s. Br. die in eine Anzahl paralleler Ketten aufgelösten Anden in die argentinischen Pampas untertauchen, und stellt eine von 5000 bis 6000 m hohen Ketten eingefasste, auch in querer Richtung nahezu abgeschlossene flachsohlige Senke von 1500 bis 2000 m Höheinlage dar, einen „Bolson“ (= große Börse, -Sack, d. h. etwas Abgeschlossenes). Die Gegend gehört der niederschlagsarmen Ostabdachung der Anden an. Auf der Höhe der Ketten, wo die Insolation und die Wasserarmut am größten sind, verhüllt Verwitterungsschutt den Fels und erfüllt Senken und Täler. In der Umrandung dagegen sorgt das steilere Gefäll und die etwas größere Feuchtigkeit für die Abräumung. Oben herrschen sanfte Mittelgebirgsformen, unten steile Felswände und schroffe Täler. Die Bäche versiegen schon innerhalb der Berge, ihr im Schutt versickertes Wasser tritt am Fuße in Quellen hervor, deren Abläufe sich mit wasserreicheren Durchbruchflüssen zu einer den Bolson entwässernden, in der Wasserführung stark schwankenden Ader vereinigen. Neben der Trockenheit schränken die rauen Winter der Hochregion (jenseits 3000 m im Frühherbst Temperaturen unter -10°) und die dauernde Hitze der Niederung (Tagestemperaturen wochenlang nicht unter 35° bis 40°) den Siedlungsraum für die Pflanzen auf wasser-

führende Talstriche ein, sonst wächst nur Dornbusch in der trockenen Niederung, ein Filzwerk von Dornbusch und Kakteen in den tieferen, Steppengras in den höheren Gebirgsregionen. Die menschlichen Siedlungen beschränken sich daher auf die wenigen wasserspendenden Striche und Punkte, auf Oasen in der Niederung und „Puestos“, einsame Gehöfte in den unteren Talregionen. — Die Karte, über deren Entstehung die im gleichen Hefte der Zeitschrift befindliche Abhandlung „*Topographische Aufnahmen am Südrande der Puna de Atacama*“ Aufschluß gibt, dient als Grundlage der geologischen Kartierung, die im gleichen Maßstabe über ganz Argentinien ausgedehnt wird und strebt gleichzeitig durch geeignete Führung der Höhenlinien nach getreuer Wiedergabe der wesentlichsten morphologischen Züge.

Mapa para el viaje de Bariloche a Puerto Montt, 1 : 400 000. Empresa Andina del Sud. Buenos Aires. Diese handschriftliche, photographisch vervielfältigte Karte führt in einen interessanten Teil des südchilenisch-patagonischen Kordillerenabschnittes. Im 17. und 18. Jahrhundert durchquerten die Jesuiten die Kordillere in 41° s. Br. häufig auf einem bequemen Wege, dem Barilochepasse. Die Kenntnis dieses Passes ging später verloren; erst 1899 wurde er wieder aufgefunden. In dieser Forschungsperiode gelang Hans Steffen die Entdeckung des benachbarten, noch günstigeren Weges vom Llanquihue nach dem Nahuel-Huapi-See. Dieser Paßweg ist jetzt von der angeführten Empresa zur Verkehrslinie ausgestaltet worden, auf der man wöchentlich in zweitägiger Reise „comodo y rapido“ das Gebirge durchqueren kann. Nach Fertigstellung der geplanten Anschlußbahn von Bariloche am Nahuel Huapi nach Puerto San Antonio Oeste an der patagonischen Küste wird sie ein Teil einer transkontinentalen Hauptverkehrsader sein. Der neue Reiseweg, den die Karte veranschaulicht, zeigt wie kein zweiter alle Eigentümlichkeiten dieses Kordillerenabschnittes. Das Gebirge ist durch enggescharte, von Eiskappen bedeckte Vulkankegel von Vesuv- bis Aetnahöhe (Tronador 3600 m) ausgezeichnet. Die zum Stillen Ozean abfließenden Gewässer sind durch Lavaströme zu dem buchtenreichen Esmeraldas (= Smaragd-) See aufgestaut, dessen Abfluß sich mühsam seinen Weg zum Meere bahnt. Auch die Osttäler sind von Seen erfüllt, polypenarmartigen Fortsetzungen des Nahuel-Huapi. Zwischen Seespiegel und Schneeregion dehnt sich der dichte südchilenische Wald aus. Die Reise durch die großartige und anmutige Landschaft verläuft in mehrfachem Wechsel von Wasserfahrt und Maultierreise und führt in Stufen über die nur 1050 m hoch liegende Wasserscheide.

Lediglich als Kuriosum sei noch die Eisenbahnkarte von Bolivia angeführt, die die Gesellschaft *Ferrocarril Antofagata a Bolivia* ihrem Reiseführer beigibt. Diese in London hergestellte, mehrfarbige Karte im Maßstabe 1 : 900 000, die alle wesentlichen Eigentümlichkeiten des Geländes nicht übel wiedergibt, enthält überraschenderweise eine Anzahl bisher unbekannter Seen. Besonders fällt eine Kette langgestreckter Seen östlich vom Titicacasee auf, deren südlichster die größte Fläche und mehrere Inseln besitzt. Wären Namen beigelegt, so würden wir von einem Sorata- und Illimani-See Kenntnis erhalten. Der Zeichner hat nämlich die Eiskappen der Cordillera real und einiger Gipfel der Westkordillere auf seiner Vorlage mißdeutet und ihre vermutlich grünlichweiße Färbung für eine Wassersignatur gehalten, ein Vorkommnis, das neben seiner lächerlichen auch eine

ernste Seite hat. Denn in Ländern, wo mangels amtlicher Karten Erzeugnisse der privaten Kartographie in Umlauf sind, fällt man weniger augenfälligen Irrtümern leicht zum Opfer.

Eine neue deutsche Nordpolexpedition (*Rebitzki und Geisler, Petermanns Mitt.* 1919, Jan./Febr.-Heft). Eine Folge der Vervollkommnung des Flugwesens im Kriege ist der vorliegende Plan, die Kenntnis des Nordpolgebietes mittels Flugzeug zu erweitern. Stellt man die topographische Erforschung in den Vordergrund, so wird man von der geplanten Methode umfangreichere Ergebnisse erwarten dürfen als von der schwierigen und unsicheren Schlittenmethode *Amundsen* und *Pearcy*, der von *Nansen* geübten Treibfahrt, die in der Hauptsache der Meteorologie zugute kommt, und der Benutzung des von *Zeppelin* in Aussicht genommenen schwerfälligen Luftschiffes. Der Flieger, der im Kriege Fernflüge in 6000 m Höhe gemacht hat, weiß sich gegen polare Temperaturen zu schützen. Anhaltend schlechtes Wetter ist nach den bisherigen Erfahrungen selten, die Niederschläge — knapp jeden zweiten Tag im Jahre und im Winter und Frühjahr am geringsten —, die Bewölkung — $\frac{30}{100}$ während 120 Tagen im Jahre, während dreier im März und April — und die Nebel — knapp 70 Tage im Jahre, sehr wenige im Frühjahr — schließen das Fliegen wie die astronomischen Bestimmungen keineswegs aus. Stürme (Windgeschwindigkeit über 10 m/sec) treten zwar auf, doch nicht in absolut hinderlicher Häufigkeit und Unregelmäßigkeit; ihre Gefahr wurde von *Zeppelin* in Spitzbergen, wo die Verhältnisse am ungünstigsten liegen, selbst für Luftschiffe für nicht ausschlaggebend befunden. Der Aufstieg und Landung verhindernde Schneeschlamm ist in hohen Breiten nicht zu befürchten. Die geeignete Jahreszeit ist das Frühjahr, die Expedition muß überwintern. Dies soll an einer zu Schiffe erreichbaren Basis geschehen, am besten an der Westküste Spitzbergens. Im Operationsgebiete, der Kalotte innerhalb 85° n. Br., wird ein Hauptlager in Polnähe errichtet. Ein Zwischenlager auf einer der Sieben Inseln nördlich Spitzbergens und mindestens zwei, vermutlich auf dem Packeise anzulegende dauernd besetzte Etappenlager mit höchstens 350 km Abstand verbinden Basis und Hauptlager. Für den Pendelverkehr sollen vier Lastflugzeuge (110–120 km Stundengeschwindigkeit), für die Forschungsflüge zwei leichte Doppeldecker (130 bis 150 km Stundengeschwindigkeit) verwendet werden, die mit Schwimmern und Gleitkufen versehen sind. Als Materialreserve sind je zwei Stück jeder Art vorgesehen. Die Flugzeuge fliegen zu zweit. Die Orientierung erfolgt nach Kompaß und Kurs, unter Anpeilung von Teichen und Rinnen und zwischen den Lagern nach regelmäßig durch Ausstreuen von Fuchsinpulver erneuten Farbbändern. Auch die Lager und die Flugzeuge selbst werden rot gefärbt. Die Ziele der Expedition sind: die topographische bzw. ozeanographische Erforschung eines größeren Teiles des Polarbeckens, die topographische Aufnahme angetroffenen Landes, hauptsächlich im Wege des Meßbildverfahrens, vergleichende meteorologische Beobachtungen an allen Stellen des Unternehmens und die Aufstellung selbstregistrierender Instrumente an bisher unzugänglichen Punkten. Aus dem Operationsgebiete werden Vorstöße in der Richtung auf die Beringstraße und die neusibirischen Inseln unternommen werden, während bei

Franz-Josefs-Land und nördlich Grönland Anschluß an bekanntes Land gewonnen werden soll.

Zur Urgeschichte der Schifffahrt. Die niederste Stufe der Schifffahrt verkörpern wohl die als Fahrzeug benutzten, völlig un bearbeiteten Wurzelstrünke und Baumstämme oder die schmalen, leichten Kanus, auf denen der Insasse sitzt oder reitet. Beispiele finden sich in Neuguinea, wo sie durch *Finsch* bekannt geworden sind (Abb. in *Weule, Leitfaden der Völkerkunde*, Tafel 112), und bei den Batanga an der Kamerunküste. Man sollte erwarten, daß solchen einfachsten Fahrzeugen auch die einfachste Art der Fortbewegung entspräche, und zwar nach dem Gesetze, nach dem die Werkzeuge „Projektionen“ der menschlichen Organe sind, eine Fortbewegung ohne Ruder, nur mittels des Armes und der Hand. Das ist aber durchaus nicht der Fall; sie erfolgt vielmehr stets durch ein Paddelruder, sei es auch nur ein für diesen Zweck besonders geeigneter Knüppel. Es ist mir ebenso wie einem Kenner der primitiven Schifffahrt, Herrn Prof. *Weule*, keine Beobachtung aus der Literatur bekannt, wo das Ruder fehlt.

Daher mag eine diesbezügliche Beobachtung von Interesse sein, die ich im Jahre 1911 auf der Reede von Sansibar gesammelt habe und die in dem beigefügten Bilde festgehalten worden ist. Ich sah dort einen Neger ein rohes, doch keineswegs kleines oder besonders leichtes Boot mit beiden Armen über See



vorwärtsbewegen. Er benutzte seine Gliedmaßen genau wie Riemen und verfügte in dieser Technik des Ruderns augenscheinlich über eine ziemlich große Fertigkeit. Auch schien sein Körperbau, die mächtig entwickelte Muskulatur des Schultergürtels und die langgestreckten Arme eine lange Übung zu verraten. Die Strecke, die er zurücklegte, war ziemlich beträchtlich.

Wenn auch in dem vorliegenden Falle anscheinend nur ein einzelnes, nicht ein für eine größere Menschengruppe charakteristisches Vorkommen beobachtet wurde — ein solches würde der Literatur kaum entgangen sein —, so doch ein für die Entwicklungsgeschichte der Schifffahrt sehr interessantes. Denn es handelt sich augenscheinlich um ein gewohnheitsmäßiges Rudern mit den Händen, nicht um ein gelegentliches, zufälliges, wie wir es auch in unseren Badeanstalten beobachten können; also um ein Beispiel der niedersten Stufe des Ruderns mit zwei Riemen.

B. Brandt.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 35. (Seite 629—644)

29. August 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie.
Von *Dr. Erwin Freundlich, Berlin-Babelsberg.*
S. 629.

Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager. Von
Prof. Dr. Ernst Jänecke, Hannover. (Schluß.)
S. 636.

Besprechungen:

Haberlandt, G., Beiträge zur Allgemeinen
Botanik. Von *H. v. Guttenberg, Berlin-Dahlem.*
S. 640.

Schallmeyer, W., Vererbung und Auslese, Grund-
riß der Gesellschaftsbiologie und der Lehre vom
Rassedienst. Von *E. G. Pringsheim, Halle.*
S. 643.

Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der
Gärtnerei. Von *E. Küster, Bonn.* S. 643.

Morton, F., Wasserpflanzen. Von *E. G. Prings-
heim, Halle.* S. 643.

Sterzinger, Othmar, Zur Psychologie und Natur-
philosophie der Geschicklichkeitsspiele. Von
Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde. S. 644.

Elektrische Heizkissen

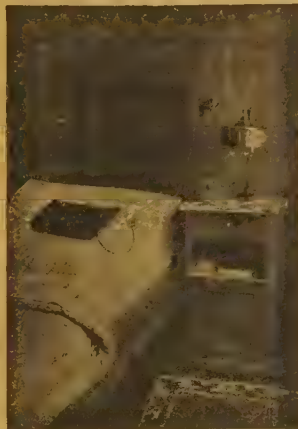
Type H

heilen durch dauernde Wärme

Drei Wärmegrade

Kein Zuheißwerden

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch vom Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petit-

zeile angenommen

Bei jährlich 6 13 26 53 mäßiger Wiederholung

10 20 30 40 $\frac{1}{2}$ Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

**Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten**

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Eg. Leisegang } *Potsdamerstr. 138*
Berlin } *Taentzienstr. 12*
Schloß-Platz 4

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

**Die Frage der Verstaatlichung der
Kaliindustrie**

Von Dr. H. Giebel

Preis M. 6.—

(Hierzu Teuerungszuschläge)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

B. Riemann

Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen

Neu herausgegeben und erläutert von

Prof. Dr. H. Weyl

Preis M. 5.60

Hierzu 100/0 Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

29. August 1919.

Heft 35.

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie¹⁾.

Von Dr. Erwin Freundlich, Berlin-Babelsberg.

Es liegen zurzeit zwei Möglichkeiten vor, die allgemeine Relativitätstheorie auf astronomischem Wege zu prüfen, erstens durch den Nachweis der Ablenkung eines Lichtstrahles beim Durchgang durch ein Gravitationsfeld und zweitens durch den Nachweis der relativen Verschiebung der Spektrallinien zweier Lichtquellen, die ihr Licht in verschiedenen Gravitationsfeldern emittieren. Der erste dieser beiden Effekte konnte möglicherweise vor wenigen Tagen anlässlich der totalen Sonnenfinsternis festgestellt werden. Während aber sein Auftreten in der Theorie noch wesentlich bedingt ist durch die spezielle Gestalt der Feldgleichungen für das Gravitationsfeld, welche man der Theorie zugrunde legt, fußt der zweite Effekt, die Gravitationsverschiebung der Spektrallinien, unmittelbar in der fundamentalen Hypothese der neuen Gravitationstheorie von *Einstein*, der sog. Äquivalenzhypothese und bildet somit einen der Grundpfeiler der neuen Theorie. Der nächstliegende Weg, um diese Gravitationsverschiebung der Spektrallinien nachzuweisen, ist natürlich der, die Sonnenlinien mit den entsprechenden Linien einer irdischen Lichtquelle zu vergleichen. Nach der Äquivalenzhypothese müßten die Linien im Sonnenspektrum gegenüber den entsprechenden irdischen Linien um das $2 \cdot 10^{-6}$ -fache der Wellenlänge nach dem roten Ende des Spektrums hin verschoben sein, d. h. also eine Linie bei 4000 \AA um den Betrag von $0,008 \text{ \AA} = 0,6 \text{ km}$, wenn diese Verschiebung als Dopplereffekt interpretiert würde. Ein solcher Effekt liegt zurzeit an und für sich durchaus im Bereiche unserer Meßgenauigkeit. Und trotzdem ist es bis heute nicht gelungen festzustellen, weder daß ein solcher Effekt vorliegt, noch daß er unzweifelhaft nicht vorliegt. Die Ursache dieses Mißerfolges ist wohl hauptsächlich darin zu suchen, daß die leuchtenden Dämpfe in der Sonnenatmosphäre Eigengeschwindigkeiten besitzen, deren Dopplereffekte anscheinend von der gleichen Größenordnung sind wie der erwartete Gravitationseffekt. Dazu kommt, daß die Wellenlängen in der Bogenlampe, die bei diesen Vergleichen als irdische Lichtquelle benutzt wird, vermutlich noch durch unerforschte Fehlerquellen verfälscht sind, so daß

möglicherweise die gesuchte Rotverschiebung der Sonnenlinien in diesen verschiedenen systematischen Verfälschungen verschwindet. Nur ein genaues Studium der Emissionsverhältnisse auf der Sonnenoberfläche und die Wahl einer besonders geeigneten irdischen Vergleichslichtquelle wird wohl auf diesem Wege zum gewünschten Ziele hinführen.

Bei dieser Sachlage erschien es dringend notwendig, neue Methoden zur Prüfung dieser Frage zu entwickeln. Da aber nur bei einem ziemlich beträchtlichen Potentialgefälle diese Linienverschiebungen meßbar groß werden können — das Potentialgefälle zwischen Sonne und Erde ist gerade hinreichend, um einen meßbar großen Effekt hervorzurufen —, so kommen nur Fixsterne außer der Sonne zur Prüfung dieser Frage in Betracht. Da dieselben überdies beträchtlich größer als die Sonne sein können, so sind um ein Vielfaches größere Beträge der gesuchten Linienverschiebung zu erwarten als bei der Sonne, so daß möglicherweise die bei der Sonne so stark verfälschenden Faktoren von geringerem Einfluß sind. Dafür tritt allerdings eine Schwierigkeit zutage, die anfangs diesen Weg ganz ungangbar erscheinen ließ. Bei den Sternen treten starke Linienverschiebungen der Spektrallinien sowohl nach dem Roten als auch nach dem Violett auf, und zwar Dopplereffekte, hervorgerufen durch die Bewegungen der Sterne in Richtung der Visionslinie. Diese Dopplereffekte nehmen, da Geschwindigkeiten der Sterne relativ zur Erde im Werte von 20 bis 30 km fast die Regel sind, solche Beträge an, daß andere Linienverschiebungen in ihnen zu verschwinden drohen. Und da wir nur in diesen Dopplereffekten ein Kriterium für die vorhandenen Radialgeschwindigkeiten der Sterne besitzen, so haben wir ohne weiteres gar keine Handhabe zu entscheiden, ob eine bei irgend einem Stern gemessene Linienverschiebung q sich zum Teil aus einem wirklichen Dopplereffekt d , zum Teil aber aus einer Linienverschiebung anderen Ursprungs, z. B. einer Gravitationsverschiebung K zusammensetzt, so daß $q = d + K$ ist. Bisher hat man eine jede beobachtete Linienverschiebung im vollen Betrage als kinematischen Dopplereffekt interpretiert und aus ihr die Radialgeschwindigkeit des Sternes abgeleitet.

Will man also auch die Erscheinungen bei den Fixsternen zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie heranziehen, so wird man versuchen müssen, an der Hand von geeigneten Hilfhypothesen aus dem komplexen Bild, welches uns die Gesamtheit der Fixsterne darstellt, einen Effekt

¹⁾ Nach einem Vortrag, gehalten in der Sitzung der Dtsch. Physik. Gesellschaft am 13. Juni 1919. Eine ausführliche Darstellung der hier mitgeteilten Resultate folgt in der Physik. Zeitschrift.

wie die vermutete Gravitationsverschiebung der Spektrallinien herauszuschälen.

Bevor ich jedoch auf die bisher vorliegenden Resultate in dieser Richtung eingehe, möchte ich einige rein astronomische Dinge behandeln, damit die späteren Ausführungen verständlich werden.

Wenn wir an die Aufgabe herantreten, einen Gravitationseffekt bei den Fixsternen festzustellen, müssen wir natürlich Kenntnisse über die Gravitationsfelder auf den Oberflächen der Sterne zu gewinnen suchen; das erfordert die Kenntnis der durchschnittlichen *Massen und Dichten der Sterne*. Bis jetzt wissen wir aber außerordentlich wenig über diese beiden Elemente, und damit fehlen uns die Hauptbestimmungsstücke zur Berechnung des Potentialgefälles zwischen Stern und Erde, auf welches es bei dem vermuteten Gravitationseffekt in erster Linie ankommt.

Wir besitzen aber immerhin schon ziemlich zuverlässige Kriterien, um zu entscheiden, ob wir es bei gewissen Sterntypen mit sehr großen massigen Systemen zu tun haben oder nicht. Da sind insbesondere die Sterne höchster effektiver Temperatur, d. h. also höchster Oberflächentemperatur, die sog. Heliumsterne (B-Typ), in deren Spektren die Heliumlinien die hervorstechendste Rolle spielen, und die ihnen nahestehenden wenig zahlreichen weißen Sterne, in deren Spektren neben den Absorptionslinien noch helle Emissionslinien auftreten (O-Typ). Nicht allein der unmittelbare Augenschein lehrt, daß diese besonders hellen Sterne sehr groß sein müssen; denn trotz der großen Helligkeit sind ihre Parallaxen außerordentlich klein. Auch das Studium der spektroskopischen Doppelsterne unter ihnen hat sichere Hinweise dafür erbracht, daß die Massen dieser Sterne diejenigen der sonnenähnlichen Sterne wesentlich übersteigen. Und wenn wir den Gedankengang verfolgen, daß die Energie des Gravitationsfeldes der Sternmaterie hinreichen muß, um bei der Kontraktion des Sternes seine Materie zu höchster Weißglut zu erhitzen, kommen wir zu der Auffassung, daß die weißesten Sterne am Himmel, also die B- und O-Sterne, eine gewisse Minimalmasse übersteigen müssen¹⁾. Wir haben also allen Grund zu vermuten, daß die weißesten Sterne am Himmel besonders große Systeme sind und darum möglicherweise einen merklich großen Gravitationseffekt offenbaren werden. Bei der Ausdehnung solcher Betrachtungen auf die Sterne anderen Spektralcharakters zeigen sich aber kompliziertere Verhältnisse. Es sind nämlich sicherlich nicht die Mehrzahl der roten Sterne, die wir am Himmel sehen, kleine Objekte verglichen mit den ungefähr gleich hellen weißen Sternen. Denn die Mehrzahl der ganz besonders hellen Sterne, die dem unbewaffneten Auge am Himmel auffallen, sind rote Sterne, ich

nenne nur α Orionis, α Tauri, α Bootis. Diese erscheinen uns aber bei ihrer niedrigen Oberflächenhelligkeit nicht deshalb so helleuchtend, weil sie der Sonne besonders nahe sind, sondern weil sie offenbar außerordentlich große Oberflächen haben. Denn ihre Parallaxen sind im Mittel kaum größer als die der oben erwähnten B-Sterne. Darum müssen wir auch diese absolut hellen roten Sterne als sehr große Systeme ansehen. Neben ihnen treten dann noch in unzweifelhaft überwiegend großer Zahl kleine rote Sterne auf, deren Spektralcharakter von dem der absolut hellen nicht wesentlich abweicht. Zu ihnen z. B. gehört 61 Cygni, ein roter Stern, der wegen seiner auffallend großen Parallaxe von $0,3''$ den Astronomen früh auffiel und zu den uns am nächsten stehenden Himmelskörpern gehört, der aber nicht heller als 7.—8. Größe ist und nur im Fernrohr beobachtet werden kann.

Man ist darum zu der Einsicht gelangt, daß die Reihe der weißen, gelben und roten Sterne keine eindeutige Entwicklungsreihe der Sterne darstellt, wie man anfangs glaubte. Es ist ziemlich sicher nicht so, daß ein Stern aus Nebelmaterie als weißer Stern geboren wird, um durch Abkühlung und Kontraktion schließlich als dunkelroter Stern in Dunkelheit unterzutauchen. Wir haben es vielmehr nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse mit folgenden verschiedenen Typen zu tun:

$$\begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} M^{(1)} \\ K^{(1)} \\ G^{(1)} \\ F^{(1)} \\ A^{(1)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{rot} \\ \\ \text{gelb} \\ \\ \text{weiß} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} M^{(2)} \\ K^{(2)} \\ G^{(2)} \\ F^{(2)} \\ A^{(2)} \end{array} \right. \\ \overline{B^{(1)}, O, B^{(2)}} \end{array}$$

Diese Zweiteilung der Sterne ist durch folgende Erfahrungstatsachen nahe gelegt. Denken wir uns alle Sterne in eine irgendwie vereinbarte Einheitsentfernung gebracht, so lehrt die Erfahrung an den Sternen, deren Entfernungen uns ungefähr bekannt sind, daß wir es anscheinend mit zwei verschiedenen Arten von roten Sternen zu tun haben. Ein Teil derselben wird uns in der Einheitsentfernung — man wählt für dieselbe gewöhnlich diejenige Entfernung, in welcher der Stern eine Parallaxe von $1''$ aufweisen würde — als heller Stern etwa 1. Größe, wie der Sirius in seinem wahren Abstand von der Erde, erscheinen, andere dagegen um 5—6 Größenklassen schwächer. Man unterscheidet diese beiden Typen durch die Bezeichnung Giganten- und Zwergsterne, und zählt die einen zum Spektraltyp $M^{(1)}$ bzw. $K^{(1)}$, die anderen zum Typ $K^{(2)}$ bzw. $M^{(2)}$ ¹⁾. Ebenso unterscheidet man auch bei den gelben, sonnenähnlichen Sternen vom F- und G-Typ zwei Klassen nach der absoluten Helligkeit, doch ist hier die Spaltung schon nicht mehr so ausgesprochen und bei den Sternen vom A-Typ, die zwi-

¹⁾ Siehe den Aufsatz von A. Kohlschütter „Der innere Aufbau der Sterne“ diese Zeitschrift 1919, Heft 5 und 6.

²⁾ Eine genaue Beschreibung des Unterschiedes in den Spektren der so durch Buchstaben charakterisierten Sterne findet man in jeder populären Astronomie.

schen den sonnenähnlichen und den weißen B-Sternen liegen, wie auch bei diesen letzteren selbst, noch nicht sichergestellt. Eine ausgezeichnete Rolle unter diesen verschiedenen Typen spielen die B-Sterne, bei denen man schon seit langem vermutet, daß sie besonders massige Systeme sind, und desgleichen die Giganten unter den roten Sternen, die trotz ihrer anscheinend niedrigen Oberflächentemperatur doch außerordentlich hell erscheinen, so daß wir ihnen riesige Oberflächen zusprechen müssen.

Ob zwischen diesen verschiedenen Typen verwandtschaftliche Verhältnisse bestehen, d. h. ob wir sie als Etappen einer einheitlichen Entwicklungsgeschichte der Sterne auffassen müssen, ist heute noch eine offene Frage. Man vertritt zwar vielfach die Auffassung, daß ein Stern sich aus kosmischer Staubmaterie zusammenballend und langsam erhaltend zuerst ein $M^{(1)}$ -Stern wird, von großem Volumen, niedriger Temperatur und geringer Dichte. Durch Kontraktion sich weiter erhitzend durchläuft er die Stadien $K^{(1)}$, $G^{(1)}$, $F^{(1)}$, $A^{(1)}$, um schließlich, falls überhaupt seine Gesamtmasse ausreichte, als B-Stern die höchst effektive (Oberflächen-) Temperatur von $13\,000^\circ$ — $15\,000^\circ$ zu erreichen. Von da soll er dann sich weiter verdichtend und abkühlend die Stadien als $A^{(2)}$, $F^{(2)}$, $G^{(2)}$, $K^{(2)}$, $M^{(2)}$ -Stern in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen. So verlockend einfach in mancher Hinsicht diese Auffassung der Dinge wirken mag, so scheinen doch die wahren Verhältnisse des Universums viel komplexer zu sein. Eine so einfache Entwicklungslinie der Sterne würde überzeugend wirken, wenn die verschiedenen Sterntypen miteinander gut vermischt wären und das Ganze als ein in statistischem Gleichgewicht befindliches Gebilde aufgefaßt werden könnte. Doch davon scheint gar keine Rede zu sein. Sowohl nach ihrer Gesamtanordnung am Himmel als auch nach ihren Bewegungsgesetzen stellen anscheinend die B-Sterne und ebenso die Giganten unter den roten Sternen voneinander und der übrigen Schar von Sternen unabhängige Gebilde dar. Die B-Sterne offenbaren eine unzweifelhafte Konzentration nach der Ebene der Milchstraße und beteiligen sich nicht an den Strombewegungen, die man bei der großen Schar der die Sonne umgebenden Sterne hat feststellen können. Die absolut hellen M-Sterne ihrerseits zeigen im wesentlichen eine kugelsymmetrische Anordnung. Für beide Systeme von Sternen ist dagegen die Geschwindigkeit der Sonne relativ zum Schwerpunkt des betreffenden Systems die gleiche, aber, nach den bisherigen Ergebnissen, wesentlich größer als relativ zum Schwerpunkt der großen Zahl von A-, F- und G-Sternen, welche den bisherigen statistischen Untersuchungen zugrunde liegen. Diese Hinweise dokumentieren, daß wir es anscheinend mit den Sternen am Himmel nicht mit einem einheitlichen System zu tun haben, wodurch alle statistischen Untersuchungen ungemein erschwert werden. Vorerst kann man nur auf jede dieser Spektralklassen für sich

statistische Betrachtungen anwenden und wenn man hoffen will, etwas zugunsten der Frage nach der von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Gravitationsverschiebung der Spektrallinien aus ihnen abzuleiten, so liegen bisher nur die zwei Fingerzeige vor, daß die B-Sterne vermutlich an Masse die sonnenähnlichen Sterne wesentlich übersteigen und die absolut hellen K- und M-Sterne sich von ihnen durch ihre riesigen Oberflächen unterscheiden, also vermutlich auch im Mittel viel massigere Systeme darstellen.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wollen wir uns wieder konkret der Frage nach dem Vorhandensein einer Gravitationsverschiebung der Spektrallinien zuwenden und zuerst speziell an den B-Sternen untersuchen, was sich für oder wider die allgemeine Relativitätstheorie aus ihnen folgern läßt.

Setzen wir einmal voraus, daß diese Sterne eine mittlere Gravitationsverschiebung ihrer Spektrallinien im Betrage von $+K$ Kilometern aufweisen — man kann jede Linienverschiebung durch die ihr als Dopplereffekt entsprechende Geschwindigkeit in Kilometern messen —, dann mißt ein Astronom bei diesen Sternen nicht den reinen Dopplereffekt ihrer Radialgeschwindigkeiten $\pm d$ in der Visionslinie, sondern er mißt als vermeintliche Radialgeschwindigkeit q die Summe $\pm d + K$. Sind die eigentlichen Dopplereffekte nach dem Zufall verteilt, so ist die Häufigkeitskurve der Radialgeschwindigkeiten eine Fehlerkurve. Man wird dies vorerst immer voraussetzen können, da ohne weiteres nichts dafür spricht, daß die Sonne mit der Erde eine irgendwie ausgezeichnete Rolle spielt, so daß nicht gleich viele Sterne sich von uns fort als auf uns zu bewegen. Wenn sich aber über diese reinen Dopplereffekte noch eine konstante mittlere Verschiebung $+K$ lagert, so hätte diese zur Folge, daß die Häufigkeitskurve der Radialgeschwindigkeiten nicht um den Wert Null sich symmetrisch ausbreitet, sondern um die positive Geschwindigkeit $+K$. In der folgenden Tabelle sind nun die durch Ab-

Geschw.-Intervalle	Anzahl der Radialgeschw.	
	> 0	< 0
0—10 km	54	31
10—20 "	56	18
20—30 "	40	11
> 30 "	10	2

zählung gewonnenen Werte für die Häufigkeit positiver und negativer Radialgeschwindigkeiten der B-Sterne in verschiedenen Geschwindigkeitsintervallen niedergelegt. Es offenbart sich in diesen 212 Radialgeschwindigkeiten ein ausgesprochenes Überwiegen der positiven Werte. Trägt man diese Häufigkeiten als Ordinaten zu den mittleren Geschwindigkeiten jedes Intervalls als Abszissen ab, so schmiegen sich diese Punkte be-

friedigend einer nach den positiven Geschwindigkeiten hin verschobenen Fehlerkurve an. Um den Betrag dieser Verrückung zu bestimmen, kann man folgendermaßen vorgehen:

Die bei den B-Sternen beobachteten Radialgeschwindigkeiten $V_{\text{beob.}}$ rühren hauptsächlich daher, daß das Sonnensystem sich mit großer Geschwindigkeit relativ zum Schwerpunkt dieses Sternsystems bewegt. Nennt man V_0 die Geschwindigkeit des Sonnensystems, λ den Winkelabstand eines Sternes von dem Zielpunkt der Sonnenbewegung an der Himmelssphäre und V_* die von der Sonnenbewegung befreite Radialgeschwindigkeit des Sterns, dann gilt:

$$V_* = V_{\text{beob.}} - V_0 \cos \lambda.$$

Lagert sich aber über die Dopplereffekte eine mittlere Gravitationsverschiebung der Linien im Betrage von K Kilometern, so hat man anzusetzen:

$$V_* + K = V_{\text{beob.}} - V_0 \cos \lambda.$$

Diese Gleichungen lassen sich nicht ohne weiteres ausgleichen, da wir ja die V_* nicht kennen. Faßt man aber die Sterne in größeren Gruppen zusammen, so kann man annehmen, daß sich unter ihnen gleich viele von uns fort als auf uns zu bewegen, so daß in der aus obigen Gleichungen sich ergebenden Mittelwertgleichung für jede Gruppe $V_* = 0$ ist. Man hat dann ein System von Gleichungen der Gestalt:

$$K = V_{\text{beob.}} - V_0 \cos \lambda$$

nach der Methode der kleinsten Quadrate auszuwerten. Auf diesem Wege hat man in der Tat für die B-Sterne einen Wert für $K = +4,3 \text{ km} \pm 0,5 \text{ km}$ abgeleitet, wie er sich kund tun müßte, wenn die B-Sterne einen mittleren Gravitationseffekt von $+4,3 \text{ km}$ anzeigten. Will man dagegen auf der Auffassung beharren, daß jede Linienverschiebung als kinematischer Dopplereffekt zu deuten sei, so hieße das Auftreten der Größe K , daß die B-Sterne eine allgemeine Expansion von dem durchschnittlichen Betrage von $+4,3 \text{ km}$ offenbaren. Dieser Standpunkt wird in der Tat von verschiedenen Astronomen vertreten, obwohl sehr unwahrscheinliche Hilfhypothesen herangezogen werden müssen, um diese Expansion des Systems der B-Sterne zu erklären. Verläßt man aber den Standpunkt, daß alle gemessenen Linienverschiebungen Dopplereffekte sind, so gelangt man zu der Erkenntnis: in den Linienverschiebungen der Spektren der B-Sterne steckt neben den nach dem Zufall verteilten Dopplereffekten der Radialgeschwindigkeiten eine vermutlich konstante allgemeine Rotverschiebung der Linien im Betrage von $+4,3 \text{ km}$, wie sie wirklich zutage treten müßte, wenn die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte Gravitationsverschiebung der Spektrallinien existierte und die B-Sterne im Durchschnitt viel massiger wären als die Sonne, worauf auch unsere sonstige Erfahrungen an ihnen hinweisen.

Führt man die gleichen Überlegungen auch bei den anderen Sterntypen durch, so gelangt man zu folgenden Resultaten: die Giganten unter den K- und M-Sternen offenbaren auch eine deutlich

ausgeprägte Rotverschiebung ihrer Spektrallinien, und zwar ist dieselbe¹⁾

bei den K⁽⁰⁾-Sternen: $= +3,2 \text{ km} \pm 0,8$,

bei den M⁽⁰⁾-Sternen: $= +4,7 \text{ km} \pm 1,5$.

Bei den übrigen Typen läßt sich ein solcher Effekt nicht nachweisen. Da ja alles darauf hindeutet, daß die Sterne vom Spektraltyp K⁽⁰⁾ und M⁽⁰⁾ außerordentlich große Systeme sind, so ist das Auftreten einer merklichen Rotverschiebung vom Standpunkt der allgemeinen Relativitätstheorie durchaus zu erwarten. Immerhin darf man nicht vergessen, daß es bei dem fraglichen Gravitationseffekt auf das Gravitationspotential an der Oberfläche des Sternes ankommt und daß dieses trotz großer Oberfläche und Gesamtmasse bei geringer mittlerer Dichte nicht so stark von dem an der Sonnenoberfläche abzuweichen braucht, um eine so ausgesprochene Rotverschiebung zu erklären. Man kann darum das Resultat der statistischen Untersuchung nicht als einen Beweis, sondern nur als einen Hinweis für die Existenz einer Gravitationsverschiebung der Spektrallinien auffassen.

Man hat natürlich versucht, auch auf anderem Wege das Auftreten einer allgemeinen Rotverschiebung der Spektrallinien bei den B-Sternen und den absolut hellen roten Sternen zu erklären. So nahm man an, daß bei der großen Masse der B-Sterne die Linien durch Druckeinflüsse verschoben seien oder daß nahe Begleiter der Linien deren Schwerpunkte scheinbar nach dem Roten hin verlagerten. Sehr wahrscheinlich sind diese Erklärungen nicht, weil es schwer verständlich ist, wie sie alle Linien, und zwar auch die ganz verschiedenen Linien, die bei einem B-Stern und einem M-Stern vermessen werden, in gleicher Weise beeinflussen sollten. Doch bedarf dieser Punkt noch einer eingehenden Prüfung.

Schließlich ist auch die naheliegende Auffassung vertreten worden, daß es sich bei dieser Rotverschiebung um einen ganz gewöhnlichen Dopplereffekt handle, daß also tatsächlich die Systeme der B-Sterne und absolut hellen K- und M-Sterne einer allgemeinen Expansion unterlägen; welche kosmogonischen Ursprungs sei. Gerade weil sich diese Sterntypen auch sonst anders als unsere Umgebung verhalten, wie oben betont wurde, ist diese Auffassung an sich möglich und würde den gefährlichsten Einwand gegen den hier vertretenen Standpunkt darstellen, wenn es nicht möglich wäre, ziemlich eindeutig zu erweisen, daß es sich bei dieser Rotverschiebung der Spektrallinien um keinen Dopplereffekt handelt, sondern um einen physikalischen Effekt bei der Lichtemission auf der Oberfläche des Sternes. Dieser Nachweis kann folgendermaßen erbracht werden.

Wenn es, wenigstens für einige B-Sterne, möglich wäre, die Radialgeschwindigkeit unverfälscht von einem etwaigen Gravitationseffekt zu messen, so wäre ja die Trennung der gemessenen Linienverschiebung in die zwei Summanden: $q = \pm d + K$ nach Dopplereffekt $\pm d$ und Gravita-

¹⁾ W. Gyllenberg: Lund Medd. Ser. II Nr. 13.

tionseffekt K durchführbar. Dies wäre nun in der Tat der Fall, wenn ein Stern von einer sehr ausgedehnten Atmosphäre umgeben ist bzw. in einem weiten helleuchtenden Nebel schwimmt. Bei der unzweifelhaft vorhandenen engen Beziehung der B-Sterne zu der am Himmel sichtbaren Nebelmaterie konnte man hoffen, solche Konstellationen zu finden. Bei einer solchen wären die Absorptionslinien der weiten Sternatmosphäre bzw. die Emissionslinien des Nebels vermutlich durch einen Gravitationseffekt kaum verfälscht, da die Gravitationsfelder in den weiten interstellaren Räumen, die die fein verteilte Nebelmaterie ausfüllt, viel schwächer als an der Oberfläche der Sterne sind. Aus der mit dem Stern bewegten Atmosphäre bzw. Nebelmaterie müßte man demgemäß den reinen Dopplereffekt des betrachteten Systems ableiten können und die Frage wäre nun, ob das *Sternspektrum gegenüber den Nebellinien* dieselbe Rotverschiebung aufweist, die sich statistisch kundgetan hatte.

Ein außerordentlich günstiges Objekt für eine solche Untersuchung bietet sich uns im Orionnebel, zugleich auch bisher das einzige dieser Art. Dieser Nebel ist der hellste am Himmel und umgibt eine auffallend starke Anhäufung heller B-Sterne, die unzweifelhaft miteinander als auch mit dem Nebel eine organische Einheit bilden. Darauf deutet einerseits die äußere Struktur des Nebels hin, andererseits bei den Sternen die Gleichheit der Spektren, der Eigenbewegungen und Radialgeschwindigkeiten.

In der nachfolgenden Tabelle sind alle Sterne der sogenannten Orion-Nebelgruppe angeführt, ferner die beobachtete Radialgeschwindigkeit q_b , die von der Sonnenbewegung befreite q_* und schließlich die Differenz: $q_* - q_N$, wo q_N die Radialgeschwindigkeit des Nebels bedeutet.

Stern	Spekt.	q_b km	q_* km	$q_* - q_N$ km
τ Orionis...	B ₅	+ 20,8	+ 2,8	+ 3,5
" " ...	B ₃	+ 28,0	+ 10,6	+ 11,4
Boss 1295 ..	B ₃	+ 22,4	+ 5,4	+ 6,1
η Orionis...	B ₁	+ 35,5	+ 17,9	+ 18,6
ψ " ...	B ₃	+ 12,0	- 4,7	- 4,0
Boss 1332 ..	B ₃	+ 21,6	+ 5,2	+ 5,9
δ Orionis...	B ₀	+ 23,1	+ 5,7	+ 6,4
36 " ...	B ₀	+ 17,0	- 1,5	- 0,8
Boss 640 ...	O ₅	+ 20,0	+ 2,4	+ 3,1
Boss 619 ...	B ₂	—	—	—
θ Orionis ..	O ₅	+ 19,0	+ 1,4	+ 2,1
" " ...	B ₃	—	—	—
" " ...	O ₅	+ 21,5	+ 3,5	+ 4,2
" " ...	B ₀	+ 24,5	+ 6,9	+ 7,6
A. G. C. 6471	B ₁	+ 29,0	+ 10,7	+ 11,4
ξ Orionis ...	B ₀	+ 18,3	+ 0,6	+ 1,3
A. G. C. 6616	B ₂	+ 26,1	+ 8,5	+ 9,2

Mittel + 6,0 \pm 1,0 km

Wie die Tabelle zeigt, ist eine allgemeine Rotverschiebung der Sternspektren gegenüber dem Nebelspektrum deutlich ausgeprägt. Nur zwei Sterne fallen aus dem Rahmen, und zwar ψ Orionis und 36 Orionis. Zu diesen ist aber folgendes zu bemerken. Während die sphärischen Eigenbewegungen der Sterne in der Tabelle durchweg sehr klein und kaum nachweisbar sind — sie liegen in Deklination unterhalb 0,01" —, sind die Eigenbewegungen der beiden Sterne ψ - und 36 Orionis die einzigen, für welche die Eigenbewegungen in Deklination größer als 0,01" nach den bisherigen Katalogbeobachtungen herauskommen. Dieser Umstand zugleich mit dem, daß die Radialgeschwindigkeiten q_b merklich kleiner sind als das Mittel aus den übrigen, spricht dafür, daß die beiden Sterne nicht zur engeren Orion-Nebelgruppe gehören, sondern sich nur in dieses Gebiet der Sphäre projizieren. Möglicherweise sind bei ihnen auch die Radialgeschwindigkeiten durch unbekannte Bahnbewegungen verfälscht, denn ein ungewöhnlich hoher Prozentsatz der B-Sterne sind spektroskopische Doppelsterne mit großen Bahngeschwindigkeiten. Dieser verfälschende Einfluß der Bahngeschwindigkeit ist besonders noch bei dem Stern η Orionis zu befürchten, der nach der anderen Seite merklich aus dem Mittel herausfällt. Dieser Stern stellt nach den Untersuchungen über die spektroskopischen Doppelsterne eines der größten Systeme dar, die man bisher gefunden hat. Die besonders auffallende Rotverschiebung könnte also möglicherweise reell sein. Doch ist bei den großen Bahngeschwindigkeiten, welche bei diesem System auftreten, und den noch unaufgeklärten systematischen Abweichungen, die sich in der errechneten Bahn zeigen und die vermutlich von weiteren Massen in diesem System herrühren, die Unsicherheit in der Bestimmung der Radialgeschwindigkeit des Schwerpunktes noch so groß, daß der obige Wert um 10 und mehr Kilometer falsch sein kann. Ich habe darum diesen Stern zugleich mit ψ - und 36 Orionis aus der Mittelbildung ausgeschlossen.

Wir gelangen damit durch den Vergleich der Linienverschiebungen bei den Sternen und dem Nebel im Orion zu der Erkenntnis, daß die allgemeine Rotverschiebung, die sich bei den B-Sternen statistisch offenbarte, sich auch wieder zwischen Stern- und Nebelspektrum zu erkennen gibt. Dies weist wohl unzweifelhaft darauf hin, daß die Rotverschiebung kein Dopplereffekt ist, sondern in den besonderen Bedingungen der Lichtemission auf den Sternen ihren Ursprung hat. Vom Standpunkt der allgemeinen Relativitätstheorie ist eine solche Rotverschiebung der Spektren der Sterne gegenüber demjenigen des Nebels durchaus als Folge der Gravitationszustände auf den Oberflächen der Sterne zu erwarten. Darum spricht auch dieses Ergebnis sehr gewichtig zugunsten der neuen Theorie. Daß die Rotverschiebung der Sterne im Orion im Betrage von + 6 km merklich größer herauskommt als nach der statistischen Methode, ist

vielleicht nicht allein durch die Unsicherheiten bedingt, die beiden Werten anhaftet, sondern möglicherweise ein Hinweis dafür, daß wir es im Orion mit besonders großen Sternmassen zu tun haben.

Leider gibt es außer dem Orionnebel keinen weiteren für eine solche Untersuchung geeigneten Fall, da die Nebel, welche sich noch in Verbindung mit Heliumsternen finden, zu schwach leuchten, als daß man ihre Radialgeschwindigkeiten messen könnte. Doch zeigen die Spektren der B-Sterne eine Anomalie, die im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen besonders an Interesse gewinnt, weil sie den dritten Hinweis für die Existenz der Gravitationsverschiebung bei den Heliumsternen abgibt.

Bekanntlich ist unter den B-Sternen ein ungewöhnlich hoher Prozentsatz von spektroskopischen Doppelsternen, bei denen also die Linien in den Sternspektren infolge der Bahngeschwindigkeiten periodische Schwankungen um eine Mittellage ausführen. Nun fiel zum ersten Male bei dem Stern δ Orionis die merkwürdige Erscheinung auf, daß in seinem Spektrum die beiden schwachen Absorptionslinien des Calciums H und K an diesen periodischen Schwankungen nicht teilnehmen. Die ursprüngliche Auffassung, daß diese Linien durch Absorption in interstellaren Calciumwolken erzeugt seien, hat an Wahrscheinlichkeit eingebüßt, seitdem man eine ganze Reihe solcher Sterne gefunden hat, bei einigen von diesen aber auch die Calciumlinien periodische Schwankungen zeigen, wenn auch mit geringerer Amplitude. Vielmehr spricht alles dafür, daß diese Linien von weiten Calciumatmosphären herrühren, welche die Sterne umgeben. Für diese Auffassung spricht ferner, daß unter den B-Sternen sich manche von direkt sichtbarer nebelhafter Struktur zeigen. Eine weitere Stütze hat diese Auffassung gefunden, seitdem die grundlegenden Untersuchungen von *Eddington* über den inneren Aufbau der Sterne, über welche Herr *A. Kohlschütter* vor kurzem in dieser Zeitschrift berichtet hat, zu dem Resultat führten, daß bei hoher effektiver Temperatur und großer Masse infolge des Strahlungsdruckes eine gewisse Instabilität der Sternmaterie entstehen kann. Infolge derselben wird möglicherweise Materie sich vom Sterne ablösen und als weite Atmosphäre sich um den Stern legen. Daß gerade die Sterne höchster effektiver Temperatur, nämlich die B- und O-Sterne, Anzeichen solcher weiten Atmosphären aufweisen, bedeutet also wiederum einen Hinweis darauf, daß sie besonders große Massen haben. Auch die besondere Rolle, die hierbei dem Calcium zufällt, ist nach unseren Erfahrungen über die überwiegende Bedeutung des Calciums in den äußersten Schichten der Sonnenatmosphäre durchaus verständlich.

Man wird darum erwarten, daß, wenn diese Auffassung richtig ist, sich wiederum eine Rotverschiebung der Sternlinien gegenüber den ruhenden Calciumlinien offenbaren wird. Denn die beiden Calciumlinien entspringen nach dieser Auffassung Gebieten, die so weit von der eigentlichen Oberfläche des Sternes abliegen, daß das Gravitationspotential wesentlich anders ist als dort, wo die eigentlichen Sternlinien emittiert werden. Dieses Gefälle des Gravitationspotentials müßte eine scheinbare Verschiebung der Sternlinien nach dem Roten hin erzeugen gegenüber den Linien der weiten Atmosphäre. Daß sich in der Tat ein Effekt dieser Art bemerkbar macht, lehrt die nachfolgende Tabelle. In ihr sind alle diejenigen Sterne verzeichnet, bei denen die Calciumlinien vermessen sind und die Schwerpunktsgeschwindigkeit aus den bewegten Sternlinien abgeleitet ist. Bei einigen konnte ich nur einen Vermerk finden, in welchem Sinne die Radialgeschwindigkeit aus den Sternlinien von der aus den Calciumlinien folgenden Radialgeschwindigkeit abweicht; in allen diesen Fällen ist der Unterschied im Sinne einer Rotverschiebung der Sternlinien.

In der Tabelle bedeutet q_* die Schwerpunktsgeschwindigkeit, wie sie aus den periodisch schwankenden Sternlinien folgt, q_K die Radialgeschwindigkeit nach den Calciumlinien. Auch diese ist in einem Falle, wie bei 9 Camelopardalis, wo die Calciumlinien nicht ruhen, der an diese Linien anknüpfenden Bahnuntersuchung entnommen.

Stern u. Spekt.	q_* km	q_K km	$q_* - q_K$ km	
δ Persei B ₁	+ 18,5	+ 12,4	+ 6,1	starke Rotverschiebung angedeutet
ξ " Oe ₅	> 30	+ 15,4		
9 Camelop. B...	+ 6,4	- 2,2	+ 8,6	starke Rotverschiebung angedeutet
η Orionis B ₁ ...	+ 35,5			
δ Orionis B...	+ 23,1	+ 17,2	+ 5,9	Rotverschiebung angedeut.
VV Orionis B ₂ ...	+ 20,8	+ 16,7	+ 4,1	
ϵ Orionis B...	+ 24,8	+ 15,6	+ 8,9	
β Scorpii B ₁ ...	- 9,5	- 12,6	+ 3,1	
σ Aquilae B ₈ ...	- 5,0	- 12,6	+ 7,6	
v Geminorum B ₅	-	-		

Bei diesen Sternen ist ausnahmslos eine Verschiebung in dem erwarteten Sinne angezeigt. Allerdings sind es vorerst nur 10 Systeme, für die Messungen vorliegen. Weiteres, speziell im Hinblick auf diese neue Hypothese diskutiertes Material soll entscheiden, ob der hier vertretene Standpunkt der richtige ist. Immerhin liegt hier wieder ein ganz ausgesprochener Hinweis für eine Gravitationsverschiebung der Spektrallinien bei den B-Sternen vor. Daß man es bei dieser Erscheinung mit dem gleichen Effekt zu tun hat wie bei

dem Orionnebel, dafür spricht folgendes. Unter den Sternen in der letzten Tabelle finden sich drei, welche auch zu der Orionnebelgruppe gehören, nämlich η , δ und ϵ Orionis. Bei δ und ϵ Orionis liegen vollkommene Messungen vor, und zwar ist bei:

δ Orionis: $q_* - q_N = +6,4$ km; $q_* - q_K = +5,9$ km
 ϵ Orionis: $q_* - q_N = +7,6$ km; $q_* - q_K = +8,9$ km
 Die Übereinstimmung ist so gut, als man bei der Unsicherheit der Einzelwerte nur erwarten kann und spricht dafür, daß es sich in beiden Fällen um den gleichen Effekt handelt.

Diese drei voneinander unabhängigen Überlegungen weisen übereinstimmend darauf hin, daß bei den Spektrallinien der B-Sterne ein Effekt nach Art des von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Gravitationseffektes sich bemerkbar macht. Daß es sich dabei nicht um einen Dopplereffekt handeln kann, geht wohl ziemlich zwingend aus der Untersuchung am Orionnebel und den Calciumlinien hervor. Wenn es eindeutig dargetan sein wird, daß es sich hier nicht um Druckeffekte oder die Wirkung naher Begleiter der Linien handelt, so können diese Resultate zwar nicht als quantitative, so doch als qualitative Prüfungen der allgemeinen Relativitätstheorie gelten, falls weiteres speziell im Hinblick auf diese Hypothesen diskutiertes Material im gleichen Sinne entscheiden sollte.

Eine quantitative Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie auf diesem Wege zu erbringen, wird vorerst nicht möglich sein, solange wir über die Massen und Dichten der Sterne so wenig Bescheid wissen. Man kann nur die Probe anstellen, ob die Hypothese, daß die bei den B-Sternen sich äußernde Rotverschiebung der Spektrallinien im Betrage von 4 bis 6 km ein Gravitationseffekt sei, nicht quantitativ zu Werten für die Massen der Sterne führt, die absurd erscheinen. Da jedoch der Gravitationseffekt nur etwas über das Gravitationspotential an der Sternoberfläche aussagt, so ermöglicht er auch nicht die Massen der Sterne zu berechnen, sondern nur miteinander verträgliche Werte für Massen und mittlere Dichten, die ja vereint das Gravitationspotential bestimmen. Über die mittleren Dichten der Sterne sind wir nun ebenso schlecht unterrichtet wie über ihre Massen. Nimmt man die mittlere Dichte der B-Sterne zu $\frac{1}{10}$ Sonnendichte an, ein Wert, den man zurzeit für den wahrscheinlichen hält, so liefert ein Gravitationseffekt von 4—6 km Massen von 40—100 Sonnenmassen. Das ist bedeutend mehr, als man auf Grund des Studiums der spektroskopischen Doppelsterne für die B-Sterne annehmen zu müssen glaubte. Doch leiten sich diese unsere Kenntnisse aus ganz wenigen Systemen ab und sind noch mit einer großen Unsicherheit behaftet. Daß solche Massenwerte aber durchaus möglich sind, erhellt aus folgendem. Die Kenntnis des Gravitationspotentials an der Oberfläche des Sternes, d. h. also

die Kenntnis der Gravitationsverschiebung der Spektrallinien erlaubt das Verhältnis: $\frac{\text{Masse}}{\text{Dichte}}$ für einen Stern zu berechnen. Fassen wir den Stern als schwarzen Strahler auf, was bei den B-Sternen durchaus zulässig zu sein scheint, so ist die von seiner Oberfläche emittierte Strahlung proportional seiner Oberfläche und der vierten Potenz seiner Oberflächentemperatur T , d. h. also proportional dem Produkt: $\left(\frac{M}{d}\right)^{\frac{2}{3}} T^4$. Bezeichnet man mit m_* die absolute Helligkeit des Sternes, das ist seine scheinbare Helligkeit in Größenklassen für die Entfernung 1, m_\odot die absolute Helligkeit der Sonne, so gilt die Beziehung:

$$m_* = m_\odot - 2,5 \log \left[\frac{\left(\frac{M}{d}\right)^{\frac{2}{3}} T^4}{\left(\frac{M}{d}\right)^{\frac{2}{3}} T^4} \right]^*$$

Die Kenntnis des Gravitationseffektes zugleich mit derjenigen der effektiven Temperatur, die durch direkte Messungen gewonnen wird und für T bei den B-Sternen einen Wert von 13 000° bis 15 000° liefert, ermöglicht es uns also, die absolute Helligkeit des Sternes zu berechnen. Ist diese bekannt, so folgt, nach Umrechnung der bolometrischen Helligkeiten in visuelle, aus ihr und der scheinbaren visuellen Helligkeit des Sternes — das ist derjenigen Helligkeit, in welcher er uns wirklich erscheint — unmittelbar seine Entfernung oder Parallaxe.

Führt man diese Rechnung für die Sterne der Orion-Nebelgruppe durch unter der Annahme eines Gravitationseffektes von 4—6 km, so erhält man für die Parallaxe

$$\pi = 0,003'' - 0,005''.$$

Diesen Wert kann man nun mit den aus direkten Parallaxenuntersuchungen gewonnenen Beträgen vergleichen. Den wohl am sichersten fundierten Wert für die Parallaxe der Orion-Nebelgruppe hat Kapteyn abgeleitet und findet

$$\pi = 0,0054''.$$

Einzeluntersuchungen von Hertzsprung, Stebbins und anderen führten für verschiedene Mitglieder der Gruppe zu Werten, die zwischen 0,003'' und 0,008'' schwanken. Wie man sieht, steht der obige Wert mit den rein astronomisch gewonnenen in ausgezeichneter Übereinstimmung und beweist, daß ein Gravitationseffekt von 4—6 km nicht zu astronomisch absurden Folgerungen vorerst Veranlassung gibt. Wenn auch das hier herangezogene Kriterium nicht sehr empfindlich ist, so muß man sich doch vor Augen halten, daß hier ein ganz neuartiges Hilfsmittel zur Berechnung der Parallaxe hinzugezogen wurde und im voraus nicht ausgemacht werden konnte, ob diese Berechnungsart nicht Beträge von anderer Größenordnung liefern würde. Schon eine Parallaxe von einigen Hundertsteln von Bogensekunden wäre bei den Orionsternen im höchsten Grade unwahrscheinlich gewesen.

Nach allem kann man zusammenfassend sagen, daß sich bei den B-Sternen in dreierlei Weise ein Effekt nach Art der von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Gravitationsverschiebung der Spektrallinien deutlich zu erkennen gibt, und zwar in einem Betrage von 4—6 km, der auch quantitativ nicht zu unwahrscheinlichen Folgerungen führt.

Versucht man auch bei den absolut hellen roten Sternen vom K- und M-Typ die statistisch gefundene Rotverschiebung der Linien in ihrem Wesen tiefer zu erfassen, wie das bei den Heliumsternen möglich war, so ermangelt es einem vorerst noch an jeglichem Angriffspunkt. Nahe liegend erscheint folgender Weg, um zu entscheiden, ob es sich bei dieser Rotverschiebung um einen Gravitationseffekt handelt. Wie zu Anfang ausgeführt wurde, hat man es bei den roten Sternen mit zwei deutlich unterschiedenen Typen zu tun, den absolut hellen sog. „Giganten“ unter ihnen und den schwachen „Zwergsternen“. Die Giganten zeigen die Rotverschiebung der Spektrallinien. Es liegt nun nahe, auf dem Wege dieser Erscheinung zu Leibe zu rücken, daß man die gleiche statistische Untersuchung auch bei einer genügend großen Zahl von Zwergsternen durchführt. Doch es liegt noch kein Beobachtungsmaterial vor, um diese Aufgabe in Angriff nehmen zu können. Was bisher an Zwergsternen spektrographisch untersucht ist, ist nach einem ganz einseitigen Prinzip ausgewählt und darum für statistische Untersuchungen nicht brauchbar. Man hat aus der Überfülle von Objekten vorerst nur diejenigen untersucht, die sich durch auffallend große Parallaxen oder Eigenbewegungen besonders bemerkbar machten. Hier liegen noch wichtige Aufgaben für die Zukunft vor.

Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager.

Von Prof. Dr. Ernst Jänecke, Hannover.

(Schluß.)

Die Ursache der Salzausscheidung liegt selbstverständlich in dem Verdunsten des Wassers, wodurch das Lösungsmittel entfernt wird. Dieses Verdunsten findet im wesentlichen in der heißen Zeit, also im Zechsteinsommer, statt. In diesem steigt aber auch gleichzeitig die Temperatur des Salzmeeres. Es können also sich nur solche Salze ausscheiden, die in der Wärme schwerer löslich sind. Im Zechsteinwinter kühlt sich dann das Meer ab, und hierbei findet entsprechend dem vorhergegangenen Wasserverlust eine Salzausscheidung der in der Kälte schwerer löslichen Salze statt. Es lagern sich also *schichtenweise* die Salze in Jahresringen übereinander, ähnlich wie dieses besonders zwischen Anhydrit oder Polyhalit und Steinsalz beobachtet wird.

Nach vollständigem Eintrocknen des Zechsteinmeeres hätte sich also ein Schichtenstoß von 10 Schichten gebildet, und es muß dessen Schick-

sal weiter verfolgt werden. Ob es immer zur Ausbildung aller 10 Schichten gekommen ist, ob besonders die Bischofitschicht wirklich überall gebildet wurde, muß an den in der Natur vorkommenden Salzlagern besonders untersucht werden. Im Vergleich zu den angegebenen zehn Schichten haben die Kalilager in wesentlichen Punkten ein anderes Aussehen. Vor allem wird das Kalium nur selten als Kainit oder Leonit, sondern meist als Carnallit oder als Sylvin gefunden. Ebenso liegt der schwefelsaure Kalk fast vollständig als Anhydrit vor und nicht als Gips.

Diese Umwandlung der primär ausgeschiedenen Salze in andere vollzog sich nun beim Einsinken in die Tiefe und beim Wiederauftauchen. Nach der Zechsteinzeit wurden die Salzlager in den folgenden geologischen Zeiträumen, der Trias-, Jura- und Kreidezeit von anderen Schichten überdeckt. Sie versanken in der Erde wohl wesentlich, ohne daß große tektonische Störungen eintraten. Das überdeckende Gebirge ist auf 3000 m und mehr geschätzt worden. Hierbei wurden die Salzlager durch die gesteigerte Erdwärme auf höhere Temperatur gebracht. Durch diese Erwärmung fand, gerade wie es z. B. beim Glaubersalz beobachtet wird, ein teilweises Schmelzen statt. Wird Glaubersalz auf 32° erwärmt, so verflüssigt es sich bekanntlich teilweise unter Bildung von wasserfreiem Natriumsulfat. Es schmilzt, wie man sagt, *inkongruent*. In gleicher Art schmelzen einige der angegebenen Salze und Salzgemenge, wenn sie auf eine bestimmte Temperatur gebracht werden, unter Bildung anderer Salze ebenfalls.

Für das Gemenge Carnallit-Kieserit findet ein Schmelzen unter Bildung von Sylvin-Kieserit erst oberhalb 160° statt. Dieses hätte ein Einsinken dieser Schicht von über 5000 m in die Erde bedingt, was von geologischer Seite für wenig wahrscheinlich erklärt wird. Da auch von anderer Seite immer wieder betont wird, daß gewisse in der Natur gefundene Carnallitlager primär entstanden sein müssen, soll nur der Fall untersucht werden, daß das Einsinken in die Tiefe nur bis etwa 3000 m erfolgt sei, was ganz sicherlich den Tatsachen entspricht. Das vollständige Fehlen der Carnallitlager in gewissen Gebieten, so vor allem im hannoverschen Schollengebiet, könnte dann zwanglos durch die Schrumpfung des eintrocknenden Salzmeeres erklärt werden. In diesen Gebieten wäre es kaum oder gar nicht mehr zur Ausscheidung von Carnallitlagern gekommen, weil das Meer sich infolge der fortschreitenden Verdunstung nach tieferen Stellen im Süden zurückzog. Die dort gefundenen Kalilager wären also im wesentlichen auf die Schichten VII und VIII mit Kalimagnesia und besonders Kainit zurückzuführen.

Das Verhalten der 10 Salzsichten beim Erwärmen läßt sich chemisch genau verfolgen. Es soll an Hand von Fig. 7 auseinandergesetzt werden. An der linken Seite ist schematisch der

Schichtenstoß angegeben, wie er sich aus den 10 Schichten aufbaut, ohne daß die Mächtigkeit berücksichtigt wird. Daneben ist die Veränderung vermerkt, die durch das Erwärmen beim Einsinken bis 3000 m eintritt. Es wird hierbei also: Gips zu Anhydrit, Astrakanit zu Loewit und Vanthoffit, Leonit zu Langbeinit und Kieserit, Kainit zu Sylvin und Kieserit. Alle so veränderten Schichten werden von Laugen durchtränkt, die *verschieden* zusammengesetzt sind. Die oberste Schicht aus Bischofit ist, falls sie überhaupt vorhanden war, vollständig geschmolzen. Die in den anderen Schichten vorhandene Laugenmenge läßt sich in jedem Falle berechnen. Sie war aber immer erheblich geringer als die von ihr durchfeuchteten Salzmassen. Das „Schmelzen“ der Salze führte also nicht zur *vollständigen Verflüssigung*, sondern nur zu einer Durchtränkung. Der Schichtenverband blieb bei dieser dickbreiigen Beschaffenheit noch bestehen. Hierauf soll besonders hingewiesen werden, da vielfach irrtümlicherweise unter diesem „Schmelzen“ ein vollständiges Flüssigwerden verstanden wird.

In dem folgenden geologischen Zeitraum, dem Tertiär, begann die Aufwärtsbewegung der Salzmassen. Diese ist nicht ohne starke tektonische Störungen vor sich gegangen, wobei die breiigen Schichten leicht gefaltet, zerdrückt und verschoben werden konnten, gerade wie man es jetzt noch an den verfestigten Salzmassen beobachten kann. Falls die Laugen hierbei einfach, ohne sich vermischt zu haben, nach oben abgepreßt wurden, blieben die Salze zurück, die sich in der Tiefe gebildet hatten. Es entstand also eine Schichtenfolge, wie in dem zweiten Profil der Fig. 7 angegeben ist, wenn einfach in der Bezeichnung der Ausdruck „Lauge“ fortgelassen wird. Dieser Fall ist wohl als Grenzfall anzusehen, er wird nirgends vollständig eingetreten sein. Eine Reihenfolge der Salze in der angegebenen Art findet sich z. B. in dem „älteren Lager“ von Solvay in Preußen.

In der langen Zeit, während welcher die Salzmassen sich mit Laugen durchtränkt als Salzbrei unter hohem Druck in der Erde befanden, vermischten sich jedenfalls die verschieden zusammengesetzten Laugen auch miteinander. Im besonderen drangen die großen obenliegenden Laugenmassen nach unten. Hier bewirkten sie Veränderungen an den Salzgemengen, die vorher mit den anders zusammengesetzten Laugen in Berührung waren. Die Veränderung erstreckte sich im wesentlichen auf die Umwandlung von Langbeinit in Sylvin und Kieserit sowie von Vanthoffit und Loewit in Kieserit und Steinsalz. Auch eine Veränderung der kalkhaltigen Salze konnte da eintreten, wo die aus der kalifreien Schicht stammenden natriumsulfathaltigen Laugen mit Anhydrit zusammentrafen. Hier bildete sich Glauberit, das Doppelsalz von Natriumcalciumsulfat. Möglicherweise ist aber Glauberit auch eine primäre Bildung.

Die Vermischung der Laugen bewirkte also

eine Vereinfachung des Profils in der Art, wie es die dritte Kolumne der Fig. 7 angibt. Wurden also aus *diesem* so veränderten Schichtenstoß die Laugen weggepreßt, so entstand eine Salzfolge, die vom Hangenden zum Liegenden kurz als Anhydrit-Polyhalit-Kieserit-Carnallit bezeichnet werden kann, also das klassische Profil von Staßfurt. Bei genauer Verfolgung der beobachteten Schichten in den verschiedenen Kalilagern kann der Zusammenhang noch deutlich erkannt werden.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, was aus den mit Laugen durchtränkten Salzmassen wird, wenn sich durch das Abtragen der bedeckenden Schichten die breiigen Salzmassen wieder der Erdoberfläche nähern. Würden die Gemische,

Bischofit	Lauge	L.	
Carnallit + Kieserit	C. + K.	C. + K.	C. + K.
Kainit	Sylvin + Kieserit	S. + K.	Carnallit + Kieserit
Kaliummagnesium	Langbeinit	Sylvin + Kieserit	
Astrakanit Reichardt	Loewit Vanthoffit	Kieserit + Steinsalz	K. + S.
Polyhalit + St.	P. + St.	P. + St.	P. + St.
Anhydrit + St.	A. + St.	Glauberit A. + St.	Gl. A. + St.
Gips + Steinsalz	Anhydrit + St.		
Gips	Anhydrit	A.	A.

Fig. 7. Die Umwandlung der primär ausgeschiedenen Salze beim Einsinken bis 3000 m Tiefe (Erwärmung) und beim Wiederauftauchen.

wie sie das zweite Profil der Fig. 7 angeben, ohne daß die Laugen ihre Zusammensetzung durch Vermischen ändern, abgekühlt, so bildete sich genau der Salzstoß zurück, aus dem sie entstanden sind und der in der ersten Kolumne dargestellt wurde. Der einzige Unterschied bestünde darin, daß vorher geschichtete Salze nachher nicht mehr geschichtet zu sein brauchen. Dieser Fall ist in der Natur jedenfalls auch nicht einmal angenähert vorgekommen. Sicher ist aber eine Verfestigung der Salze nach teilweiser Durchmischung der Laugen eingetreten. Hierbei bildete sich aus dem Gemenge Sylvin-Kieserit, wenn es mit stark magnesiumchloridhaltiger Lauge durchfeuchtet war, ein Carnallit-Kieserit-Gemenge. Dieses Verhalten gibt eine

zwanglose Erklärung für den vielfach beobachteten Zusammenhang zwischen Hartsalz- und Carnallitlager im gleichen Horizont. Je nach der Menge und Art der zurückgebliebenen Laugen können auch andere Salze teilweise zurückgebildet worden sein. Doch sind diese Rückbildungen von geringerer Bedeutung. Im ganzen wird also aus dem Schichtenstoß in der dritten Kolumne der Fig. 7 das in der vierten gebildet.

Es zeigt sich also, daß Carnallit teilweise primärer Natur sein kann, teilweise aber auch aus Kainit oder Kaliummagnesia gebildet wurde. Aus der ursprünglich vollständig gleichartigen Schichtenfolge können sich also die verschiedensten Profile gebildet haben. Die Verschiedenheit hängt besonders davon ab, wie stark sich die verschiedenen Laugen vermennt haben, und wann und in welchen Massen sie fortgepreßt wurden. Im wesentlichen lassen sich die drei angegebenen verschiedenen Typen unterscheiden.

Ein sehr wichtiger Umstand ist zunächst noch zu erörtern, da darin eine scheinbare große Unstimmigkeit zwischen der auseinandergesetzten Theorie und dem geologischen Vorkommen gefunden werden könnte. Nach der auseinandergesetzten Theorie muß die Menge des Steinsalzes und der Kalksalze, die sich in den eigentlichen Kalilagern finden, gering sein. Es sollte sich, wie die Rechnung zeigt, etwa 3 % Steinsalz und fast gar kein Calcium vorfinden, während in der Natur in Wirklichkeit 30 % Steinsalz und mehr sowie auch erhebliche Mengen von Kalksalzen gefunden werden. Diese Steinsalz- und Calciummengen können nicht bei späteren Umwandlungen den Lagern zugeführt sein. Sie müssen ohne Zweifel sich schon primär mit den Kalisalzen zusammen ausgeschieden haben. Die Erklärung für diese scheinbare Unstimmigkeit findet sich leicht, wenn die geologischen Vorgänge herangezogen werden. Wie oben auseinandergesetzt wurde, mußte eine gewaltige Schrumpfung des Zechsteinmeeres eintreten, ehe die Ausscheidung von Kalisalzen einsetzte. Infolge der langsamen Senkung des Bodens im Süden der großen Salzpfanne sammelten sich hier die konzentrierten Salzlaugen. Der unebene Untergrund zerteilte die verdunstenden Lösungsmassen in einzelne kleinere oder größere Becken, die teilweise für sich bestanden oder auch oberflächlich zusammenhingen. Nun verdunstet wegen seiner relativ größeren Oberfläche ein kleines Becken leichter als ein großes. So konnte es kommen, daß die kleineren Salzpfannen den größeren in der Salzausscheidung vorauseilten. In ihnen fanden bereits Kristallisationen von Kalisalzen statt, als die größeren noch keine solche Ausscheidung zeigten. Die stärker verdunstenden Gebiete befanden sich offenbar im Süden des Zechsteingebietes. Nimmt man nun die geologisch erwiesene Tatsache hinzu, daß der südliche Teil eine dauernde langsame Senkung erfuhr, so muß-

ten die Laugen der größeren nördlichen Becken sich allmählich in die südlicheren ergießen. Für die Art der Salzausscheidung bewirkte dieses aber, daß die sich ausscheidenden Kalisalze mit Steinsalz und Kalksalzen durchsetzt wurden, womit deren Vorkommen in größerer Menge, als es beim einfachen Eindunsten der Fall wäre, leicht er-

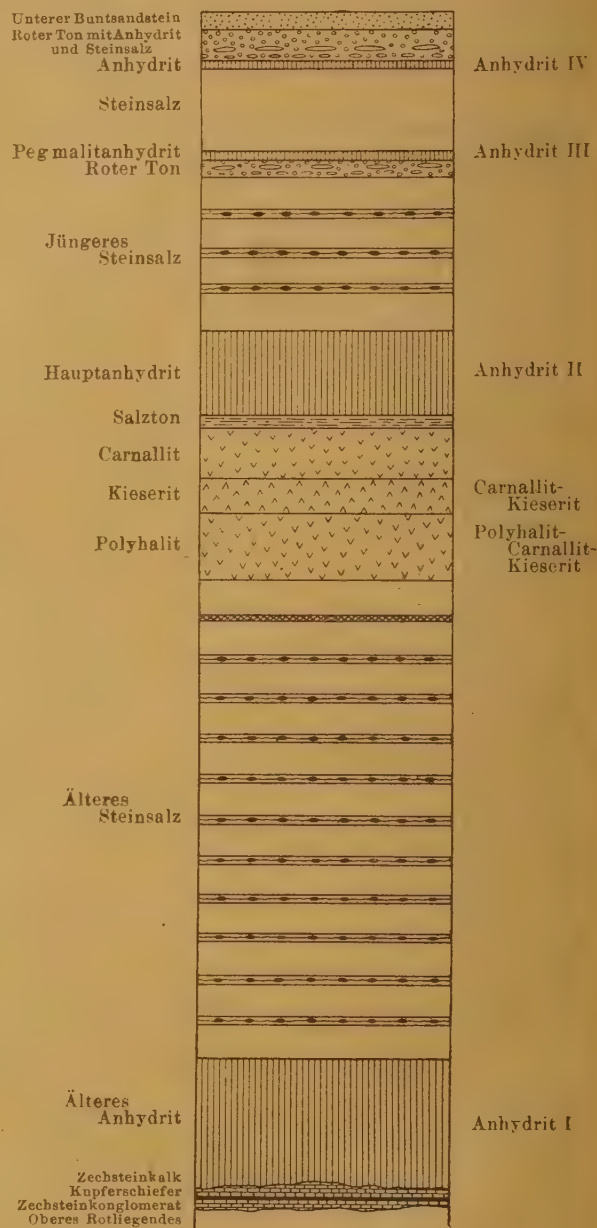


Fig. 8.

Profil durch das norddeutsche Salzgebirge (Walther).

klärt ist. Die Salzlager, die den Kalisalzen zwischengelagert sind, sind daher auch verschieden stark, manchmal sind es Leitschichten.

In dieser Darlegung liegt auch gleichzeitig die Erklärung dafür, daß sich mehrere Salzfolgen, ältere, jüngere und jüngste vorfinden, die auch

in verschiedenen Gebieten verschieden sind. In Fig. 8 ist ein Profil gezeichnet, das drei Salzlager enthält. Die Erklärung der mehrfachen Wiederkehr der Lager liegt darin, daß ein kleineres Becken auch vollständig eintrocknen konnte, während an andern Stellen noch größere Salzpflanzen bestanden. Dieses kleinere Gebiet wurde von Wüstenstaub zugedeckt und konnte, indem das Gebiet sich weiter senkte, von neuem von den im Süden befindlichen Salzlösungen überdeckt werden. Deren Verdunstung rief dann ein neues Lager hervor. Dieses Verhalten veranlaßte also an einzelnen Stellen die Bildung mehrerer Lager, während anderswo nur ein solches zur Ausbildung gelangte.

Es geht hieraus hervor, daß es nicht nötig ist, den Einbruch des *offenen Meeres* zur Erklärung der mehrfachen Lager heranzuziehen, wie dieses häufiger geschieht. Zudem wäre dieses kaum mit dem geologischen Befund in Einklang zu bringen. Die angegebene Erklärung stimmt mit den geologischen und chemischen Tatsachen überein. Diese Unterscheidung der Entstehung der Salzlager in südliche und mehr nördliche paßt sich außerdem auch anderen geologischen Tatsachen gut an. Besonders läßt sie sich auch gut mit der Verschiedenheit der Salze in Mitteldeutschland gegenüber denen im nördlichen Hannover in Einklang bringen.

Diese auseinandergesetzte Theorie läßt sich an bestimmten Profilen noch genauer prüfen. Hierbei kann es natürlich infolge der vielen Vorgänge, die sich in der Natur nebenbei noch abgespielt haben können, schwierig sein, die Übereinstimmung zwischen der auseinandergesetzten Theorie und dem geologischen Befund vollständig zu machen. Ganz kurz sollen nur noch die Lager im Werra- und Fulda-Gebiet und im Elsaß erwähnt werden. In dem ersten Gebiet müssen die Kalilager bereits *bei der Ausscheidung* der Salze aus dem Meerwasser in ihrer merkwürdigen Art vorgebildet sein. Die Entstehung hängt mit den soeben erwähnten südlichen Laugenzuflüssen zusammen. Im Werra- und Fulda-Gebiet befand sich eine Meeresbucht, in der bereits Kalisalze zur Ausscheidung gelangt waren, als ein *reichlicher* Zufluß von Lösungen diese veränderte, besonders unter Bildung von Sylvin. Sie wurden alsdann von dem sich jetzt allein ausscheidenden Steinsalz überdeckt, bis erneut eine Ausscheidung von Kalisalzen stattfand. Nochmals verstärkte sich der Zufluß aus dem Norden, veränderte wiederum die Kalisalze und überdeckte sie erneut mit Steinsalz. So bildeten sich die beiden Lager, die jetzt gefunden werden.

Diese Auffassung über die Entstehung der Kalilager im Werra-Fulda-Gebiet wird auch gestützt durch den eigenartigen Charakter der Salze. Das untere Kalilager besteht aus drei Teilen, deren Mächtigkeit äußerst wechselnd an verschiedenen Stellen ist. Über kieseritischem Sylvinhalit

liegt konglomeratischer Carnallit und darüber Sylvinhalit. Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, es soll nur erwähnt werden, daß sich diese Schichtenfolge gut dem auseinandergesetzten Verhalten anpaßt, wenn man annimmt, daß der konglomeratische Carnallit ursprünglichen Kainitschichten sein Dasein verdankt, wie dieses auch sonst der Fall ist. Der Einbruch größerer Meerwassermengen erfolgte also nach Ausscheidung der Carnallitschicht, die sich dabei in Sylvin verwandelte, entsprechend dem Sylvinhalit, wie es im Hangenden des unteren Kalilagers gefunden wird. Gestützt wird diese Ansicht noch wesentlich durch das Vorkommen von Kainit, das bei „Alexandershall“ sogar in „Jahresringen“ auftritt. Kainit ist hier offenbar in gleicher Art wie in den „Salzhütten“ entstanden: durch Zutritt von Laugen zu Salzgemengen von Carnallit-Kieserit. Ähnlich wie in dem unteren Kalilager zeigt auch das obere im Hangenden Sylvinhalit, während das Liegende Hartsalz ist. Auch sonstige Erscheinungen passen sich gut der gegebenen Erklärungsweise an.

Die Kalilager im Elsaß sind ganz anderer Art als die bisher auseinandergesetzten. Sie gehören auch einer anderen geologischen Zeit, dem Tertiär an. Es fehlen fast vollständig die schwerer löslichen Sulfate. Man kann mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daß sie aus stark magnesiumchloridhaltigen Lösungen, die noch Chlornatrium und Chlorkalium enthielten, entstanden sind. Vermutlich sind diese wieder auf neu aufgelöste Zechsteinsalze zurückzuführen.

So ist im Vorstehenden in großen Zügen gezeigt, in welcher Art die deutschen Kalilager entstanden sind. Um eine auch ins einzelne gehende Prüfung der Theorie zu ermöglichen, und um im besonderen die große Mannigfaltigkeit zu verstehen, sind noch manche Untersuchungen zu machen. Insbesondere ist es natürlich auch erforderlich, das Gebirge chemisch, geologisch und petrographisch zu untersuchen, das nur geringen Kaligehalt hat und für die Kaliwerke deswegen weniger Interesse darbietet.

Es läßt sich also sagen, daß die auseinandergesetzte Theorie als Grundlage für das Entstehen angesehen werden muß. Diese Theorie baut sich auf wenigen Annahmen auf, nämlich einmal, daß die Kalilager aus Meerwasser durch Verdunsten entstanden sind; ferner daß die Verdunstung erfolgt ist unter Ausscheidung von Salzen, wie es die Versuche *van't Hoff's* und seiner Schüler ergeben haben, und endlich auf die früher vernachlässigte Tatsache, daß die Salzlager durch die Erdwärme nach Überdeckung von jüngeren Schichten in besonderer Art verändert wurden. Die konsequente Durchführung dieser Gedanken führt dann zu den auseinandergesetzten Profilen. Weitere Untersuchungen werden die Theorie bestätigen.

Besprechungen.

Haberlandt, G., Beiträge zur Allgemeinen Botanik.
1. Band, Berlin, Gebr. Borntraeger, 1918. 98 Textabbildungen und 13 Tafeln.

Von dieser neuen, während des Krieges begonnenen Zeitschrift liegt nunmehr der erste Band abgeschlossen vor. Er stellt eine Sammlung der in den letzten Jahren im Pflanzenphysiologischen Institut der Berliner Universität ausgeführten Arbeiten dar. Zur Einführung schildert G. Haberlandt den Neubau dieses Instituts, das kurz vor dem Krieg, mit allen für ein modernes Forschungsinstitut nötigen Einrichtungen versehen, in Dahlem fertiggestellt wurde. Von den Arbeiten vorwiegend anatomischen Inhalts wurden die „Anatomisch-physiologischen Untersuchungen über Wasserspalten“ von E. Neumann-Reichardt bereits an dieser Stelle besprochen. — „Über den anatomischen Bau der Wurzelhaube einiger Glumifloren und seine Beziehungen zur Beschaffenheit des Bodens“ berichtet W. Rasch. Der Autor studierte insbesondere die trockenen, fast nadelscharfen Wurzelspitzen, wie sie bei manchen sandbewohnenden Cyperaceen und Gramineen vorkommen. Solche Pflanzen besitzen eine vom normalen Typus stark abweichende Wurzelhaube. Während diese sonst als zartwandiges Parenchym die fortwachsende Wurzelspitze bedeckt, treten hier mächtig verdickte Zellen auf, die ein „Knorpel“-Kollenchym bilden und einen lokalen mechanischen Apparat der Wurzel darstellen, der dieser das Vordringen im Boden erleichtert. Von besonderem Interesse ist, daß die Verdickung der Wurzelhaube bei Kultur der Pflanzen in feuchter, lockerer Erde unterbleibt. Es liegt also ein unmittelbarer Einfluß der Bodenbeschaffenheit auf den anatomischen Bau der Wurzelhaube vor. — E. Wendel teilt die Resultate ihrer Untersuchungen „Zur physiologischen Anatomie der Wurzelknöllchen einiger Leguminosen“ mit. Seit Hellriegels grundlegenden Untersuchungen wissen wir, daß die Leguminosen imstande sind, den freien Luftstickstoff auszunützen und daher auch dann noch gedeihen können, wenn im Boden stickstoffhaltige Verbindungen wie Nitrate, Ammoniak usw. fehlen. Diese Fähigkeit ist auf das Vorhandensein von Bakterien in knöllchenartigen Anschwellungen der Wurzeln zurückzuführen. Die Knöllchenbakterien sind die eigentlichen Stickstoffbinder, die Leguminoase aber ist befähigt, den Bakterien die N-Verbindungen zu entziehen und für sich zu verwerten. Die Verfasserin unterzog die Knöllchen zahlreicher Leguminosen unter Zuhilfenahme der Mikrotomtechnik einer eingehenden Untersuchung und gibt schließlich eine nach physiologischen Gesichtspunkten geordnete Übersicht der in ihnen aufgefundenen Gewebe. Nach außen werden die Knöllchen entweder von einer Epidermis oder von einem korkartigen Gewebe abgeschlossen, das seinen Ausgang von einer verkorkten Schutzscheide (Endodermis) nimmt, welche unter den äußersten, bald absterbenden Rindenparenchymschichten liegt. Auf das Hautgewebe folgt ein stärkehaltiges Speichergewebe, in welchem auch die zu einem Kreis angeordneten Gefäßbündel verlaufen. Jedes Bündel ist von einer eigenen Schutzscheide umgeben und kollateral gebaut, wodurch es sich vom radiären Gefäßbündel der Wurzel unterscheidet. Es hängt dies wohl damit zusammen, daß die Knöllchen nicht, wie man früher annahm, umgewandelte Nebenwurzeln sind, vielmehr Neubildungen darstellen, die ihren Ausgang vom Rindenparenchym der Wurzel nehmen und ihre Gefäßbündel erst sekundär an das der Wurzel anschließen. Das zentrale Par-

enchym enthält das „Bakterioidengewebe“, d. h. die die Bakterien einschließenden Zellen. In diesen fallen die großen, häufig gelappten oder in Teilstücke zerfallenen Zellkerne auf, wie sie auch sonst in Zellen angetroffen werden, welche von Parasiten bewohnt sind. Man wird geneigt sein, diese Oberflächenvergrößerung der Kerne auf ihre erhöhte Aktivität zurückzuführen. Von Wichtigkeit für die Frage, wie den im Innern der Wurzel eingeschlossenen Bakterien der Luftstickstoff zugeführt werden könne, war die Untersuchung des Durchlüftungssystems. Man hat nämlich von vornherein mit 2 Möglichkeiten zu rechnen: der Stickstoff kann von den Bakterien in Gasform oder aber in Wasser gelöst aufgenommen werden. Im ersteren Falle müßten die Bakterien enthaltenden Zellen von Luft umspült sein, wobei freilich letzten Endes der N doch nur in Wasser gelöst in das Innere der Bakterien einschließenden Zellen gelangen könnte. Im Gegensatz zu den früheren Autoren konnte die Verfasserin zeigen, daß tatsächlich ein Netz von Interzellularen das ganze Knöllchen durchzieht und durch Löcher und Spalten auch mit der Außenluft in Verbindung steht. Doch neigt sie wegen der geringen Anzahl von Durchgangsstellen in der äußeren Endodermis doch zu der Annahme, daß der Stickstoff in Wasser gelöst zugeführt werde, wofür auch die gute Ausbildung des wasserleitenden Teiles der Gefäßbündel spricht.

Die zuerst durch Bruckmann bekannt gewordenen „Pilzdurchlaßzellen der Rhizoiden des Prothalliums von *Lycopodium Selago*“ hat Haberlandt einer neuen genauen Untersuchung unterzogen. Die Entwicklung des Prothalliums der Lycopodiaceen hängt von der Gegenwart eines Fadenpilzes ab, der schon frühzeitig in dieses eindringt und eine noch nicht näher bekannte ernährungsphysiologische Rolle spielt. Da aus dem älteren Prothallium zahlreiche Pilzhypphen wieder auswandern, ist anzunehmen, daß diese die Funktion der Rhizoiden, also die Aufnahme von Wasser und der darin gelösten Stoffe des Bodens unterstützen und so das weitere Gedeihen des symbiontischen Organismus ermöglichen. Die Auswanderung des Pilzes geht nur an bestimmten Stellen, nämlich durch die „Fußzellen“ der Rhizoiden vor sich. Diese Zellen kommen dadurch zustande, daß jede Außenzelle, welche ein Rhizoid bildet, dieses durch eine schräge Wand von der Mutterzelle trennt, so daß eine Haarzelle und eine Fußzelle entstehen. Letztere, die später zur Pilzdurchlaßzelle wird, zeigt die Eigentümlichkeit, daß ihre Außenwand dort, wo sie an das Rhizoid grenzt, eine beträchtliche Verdickung aufweist. Auch nach außen springt hier eine polsterartige Verdickung vor, die von einer äußerst dünnen Kutinlamelle begrenzt ist. Dringen Pilzfäden aus den inneren Schichten in eine Durchlaßzelle ein, so wenden sie sich der verdickten Stelle zu, durchdringen diese schräg und kommen schließlich an der polsterartigen Anschwellung zum Durchbruch, welche sich inzwischen in einen verschleimten, nach außen offenen Trichter umgewandelt hat. Es liegt also eine präformierte Ausgangsstelle für den Pilz vor, und es scheint von dieser ein chemischer Reiz auszugehen, der die Pilzfäden gerade an diese Stelle lockt.

C. Zollikofer zeigt in ihrer Untersuchung „Über die Endigungen der Harzgänge in den Blättern einiger *Pinus*-Arten“, daß diese Gänge stets nahe der Blattbasis enden, und zwar bei einigen Arten derart, daß die Sekretzellen unvermittelt aufhören, wogegen die sie umgebenden Bastscheiden noch etwas weiter reichen. Bei einem 2. Typus treten am basalen Ende statt der Sekretzellen „Übergangszellen“ auf, welche mehr und

mehr den Charakter der Zellen der Schutzscheide annehmen.

Von großem praktischen, aber auch von theoretischem Interesse sind *Haberlandts* „Mikroskopische Untersuchungen über die Zellwandverdauung“. Der Verfasser studierte die Veränderungen, welche pflanzliche Gewebe im Verdauungskanal des Menschen und verschiedener Tiere erleiden, und zwar in der Weise, daß er die in den Fäces enthaltenen Pflanzenreste einer genauen mikroskopischen Untersuchung unterzog. Von den zahlreichen Ergebnissen seien hier folgende hervorgehoben. Entgegen der bisherigen Annahme sind Zellkerne samt ihrem Chromatin verdaulich, größere Resistenz zeigen Chlorophyllkörner, das Zytoplasma wird fast ganz gelöst. Dieser Vorgang findet auch in Zellen statt, deren Wände unzerstört sind. Letztere sind also für die betreffenden Enzyme durchlässig. Die Zellwände zeigen sehr verschiedene Veränderungen. Zellulosemembranen können entweder bloß verquellen, oder sie zeigen eine Streifung, die bis zur Auflösung in Fibrillenbündel führen kann. Diese Art der Auflösung kann sowohl auf die Einwirkung zelluloselösender Enzyme, die das Tier selbst produziert, als auch auf die Einwirkung der im Verdauungskanal befindlichen Bakterien zurückgeführt werden. Lokale Korrosionen, wie sie besonders Bastzellen nach der Verdauung zeigen, werden jedenfalls durch anhaftende Bakterien hervorgerufen. Natürlich hängt der Grad der Auflösung weitgehend vom chemischen Aufbau der Wand ab. Am leichtesten lösen sich die relativ reinen Zellulosen, doch zeigen auch hier die einzelnen Gewebe große Verschiedenheiten. Verholzte Wände sind in viel höherem Maße verdaulich, als man bisher angenommen hat, nur kutinisierte Membranen passieren den Verdauungskanal ganz unverändert. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das von *Haberlandt* eingeschlagene Verfahren geeignet ist, bei weiterem Ausbau besonders für die Ernährung der Haustiere wichtige Ergebnisse zu liefern. So steht z. B. schon jetzt fest, daß die zahlreichen Bastzellen des Roggenstrohs vom Rinde ausgenützt werden, wogegen das Pferd diese nur dann in erheblichem Maße verwenden kann, wenn sie früher durch Kochen mit Natronlauge aufgeschlossen wurden („Kraftstroh“).

Einen entwicklungsgeschichtlichen Beitrag liefert *R. Häuser* mit seinen „Untersuchungen an Makrogamephyten von Piperaceen“. Sie bringen eine Erweiterung der Befunde *Johnsons*, der zuerst bei einigen Piperaceen statt des bei den Angiospermen normalen acht-kernigen Embryosacks einen 16-kernigen feststellen konnte. Zunächst schildert *Häuser* die Entstehung der Samenknospe. Unter Beifügung sehr instruktiver Abbildungen wird die Entwicklung des Nucellus und der Integumente eingehend beschrieben. Ersterer geht aus etwa 9 Zellen der äußersten Schicht des Periblems des Bodens der Fruchtknotenöhle hervor. Die mittelste dieser Zellen wird, nachdem sie nach innen eine Zelle abgegliedert hat, zum Archegon. Erst viel später teilt sich dieses wieder und bildet nach innen zu die Embryosackmutterzelle, nach außen eine Deckschichtinitiale, aus welcher eine Anzahl von Deckzellen hervorgehen. Der erste der beiden nächsten Teilungsschritte der Embryosack-(Makrosporen-)Mutterzelle ist eine typische Reduktionsteilung. Es kommt aber nicht — wie es sonst bei den Angiospermen die Regel ist — zur dauernden Ausbildung von 4 Zellen, deren eine den Embryosack (die Makrospore) darstellt, vielmehr geht dieser aus der Verschmelzung der 4 Protoplasten hervor. Dabei werden bei *Peperomia resediflora* und *P. blanda*

bei beiden Teilungsschritten Zellwände angelegt, aber nach kurzer Zeit wieder aufgelöst; bei *Peperomia marmorata* kommt es nicht zur Wandbildung, wohl aber sind alle 4 Kerne durch Spindelfaserzüge untereinander verbunden. Diese Art stellt also den am weitesten reduzierten Fall dar; eine Mittelstufe bilden jene *Peperomia*-Arten, in welchen nach *Brown* wohl noch Zellplatten, aber keine Wände mehr in der Makrosporenmutterzelle gebildet werden. Die 4 Kerne des Embryosacks teilen sich nun 2-mal synchron, so daß 16 Kerne entstehen, die in gleicher Weise vom Ausgangskern abstammen. Die weitere, nur für *Peperomia magnoliifolia* durchgeführte Untersuchung ergab dann, daß im oberen Embryosackende die Eizelle und eine Synergide, im unteren 6 Antipodenzellen gebildet werden. Die restlichen 8 „Polkerne“ verschmelzen miteinander zum Endosperm-Initialkern.

Von den im Bande enthaltenen physiologischen Arbeiten seien zunächst die entwicklungsgeschichtlichen Studien *W. Lamprechts* „Über die Kultur und Transplantation kleiner Blattstückchen“ besprochen. Die Versuche des Verfassers schließen an die Beobachtungen *Haberlandts* an, wonach kleinste Kartoffelstückchen, weiters auch kleine aus oberirdischen Stamnteilen mancher Pflanzen gewonnene Gewebestückchen, nur dann imstande sind zur Zellteilung zu schreiten und auf diese Weise Wundkork zu bilden, wenn Teile des Gefäßbündels, und zwar des eiweißleitenden Teiles desselben (des Leptoms), in ihnen vorhanden sind. Der Verfasser verwendete nun für derartige Versuche Blattstückchen, und zwar wurde mit Blättern solcher Sukkulanten gearbeitet, welche erfahrungsgemäß leicht Wundkork bilden. Die Kultur erfolgte unter möglichster Vermeidung des Zutritts von Mikroorganismen in Petrischalen auf sterilisiertem feuchten Sand. Zunächst zeigte sich, daß kleinste Blattstückchen verschiedener *Peperomia*-Arten und mancher *Crassulaceen* behufs Bildung eines Vernarbungsgewebes an der Wundfläche zu Zellteilungen schritten. Am geeignetsten erwies sich *Bryophyllum calycinum*, wo Teilungen noch in $1,5 \times 1,5$ mm großen Blattstückchen eintraten. Wurden solche tangential gespalten, und zwar derart, daß die eine Hälfte gefäßbündellos war, so zeigte diese niemals Teilungen, wohl aber die andere; wurden die Teile aber nach der Spaltung wieder aufeinandergelegt, so traten in beiden Hälften Teilungen auf. Ebenso wurden in bündellosen Gewebestücken dann Teilungen erzielt, wenn jene erst von der ganzen Pflanze entnommen und wieder auf die ursprüngliche Stelle aufgesetzt, also replantiert wurden. Der Versuch gelang auch bei autoplastischer Transplantation, d. h. wenn die Stückchen einem anderen Blatt derselben Pflanze eingefügt wurden, ferner bei homioplastischer Transplantation, d. h. wenn sie auf die Schnittfläche eines Blattes eines anderen Individuums gebracht wurden. Nun wurde auch heteroplastische Transplantation versucht, es wurden parenchymatische Blattstückchen einer Art auf die Schnittfläche des Blattes einer anderen Art übertragen. Auch hier kam es in einigen Fällen zu Teilungen, so zwischen *Peperomia*-Arten, ferner zwischen *Bryophyllum* und *Kalanchoe*. In *Lamprechts* Versuchen war nicht nur das Vorhandensein von Leptom für das Eintreten von Zellteilungen unverläßlich, es zeigt sich auch, daß diese in der Umgebung des Leptoms stets am reichlichsten auftraten. Die Versuche des Verf. ergänzen also *Haberlandts* Beobachtungen in ausgezeichneter Weise und stützen dessen Ansicht, daß das Leptom,

und zwar wohl die Siebröhren, Reizstoffe enthalten, die zur Zellteilung anregen. Der Wundreiz allein kann solche nicht veranlassen.

G. Windel geht in seiner Arbeit „Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkerns in wachsenden Haaren“ auf die Einwände ein, welche Küster gegen *Haberlandts* Anschauung vorgebracht hat, daß der Kern, der sich in wachsenden Zellen in der Regel an der Stelle des stärksten Wachstums befindet, auf dieses einen Einfluß nehme. Die von *Haberlandt* untersuchten Wurzelhaare besaßen ausgesprochenes Spitzenwachstum, demgemäß befand sich auch der Zellkern stets nahe der Spitze. Demgegenüber beobachtete Küster an Wurzelhaaren von Wasserpflanzen und mancher Luftwurzeln basale Lagerung des Kernes. Windels Untersuchungen ergaben zwar, daß auch die Wurzelhaare der von ihm studierten Wasserpflanzen Spitzenwachstum besitzen, doch tritt hier eine sehr rasche Plasmaströmung auf, welche dem Kern trotz seiner Entfernung einen Einfluß auf die Spitze sichern dürfte. Werden Wurzeln von *Hydrocharis morsus ranae* und *Hydromyrtia stolonifera* statt in Wasser in feuchtem Sand gezogen, so verlangsamt sich die Plasmaströmung, die Wurzelhaare bilden an der Spitze unregelmäßige Ausackungen und Verdickungen und der Kern wandert an diese Stellen stärkster Membranbildung. Dies spricht aber sehr zugunsten der Auffassung, daß der Zellkern an dieser irgendwie beteiligt ist.

F. Hagens Untersuchung „Zur Physiologie des Spaltöffnungsapparates“ stellte es sich zur Aufgabe, die Bedeutung der Inhaltsstoffe der Schließzellen für die Funktion derselben klarzulegen. Die in den Schließzellen vorhandene Stärke zeigt sich gegen Lösungsversuche sehr widerstandsfähig. Doch gelang es bei *Peperomia marmorata* mit Hilfe käuflicher Diastase die Stärke zum größten Teil zu lösen, wonach sich die Spaltöffnungen sehr weit öffneten. Dadurch erhielt die Ansicht eine wichtige experimentelle Stütze, daß die Pflanze auch normalerweise durch Umwandlung der Schließzellenstärke in Zucker den Turgor dieser Zellen erhöht und so die Öffnungsbewegung herbeiführt. Auch ließ sich in geöffneten Spaltöffnungen stets reichlich Zucker nachweisen. Die Spaltöffnungen immergrüner Gewächse sind während des Winters stets geschlossen; demnach dürften sie nur wenig osmotisch wirksame Substanzen enthalten. Dem standen aber Beobachtungen von *Lidforss* entgegen, wonach gerade solche Spaltöffnungen stärkearm und zuckerreich seien. Der Stärkemangel wurde vom Verf. bestätigt, doch fand er an Stelle der Stärke nicht immer Zucker, vielmehr häufiger Öle und Gerbstoffe. Die Umwandlung der Stärke in Öl dürfte damit im Zusammenhange stehen, daß dadurch das Zustandekommen eines hohen osmotischen Druckes verhindert und so das Geschlossenbleiben der Spalten während des Winters ermöglicht wird. Daß auch zucker- und gerbstoffhaltige Stomata geschlossen sein können, ergibt sich daraus, daß dann die Nebenzellen noch reicher an solchen Substanzen sind, also höheren Turgor aufweisen als die Schließzellen und so diese passiv schließen.

H. Otto hat „Untersuchungen über die Auflösung von Zellulosen und Zellwänden durch Pilze“ angestellt. Der ausführlichen Arbeit sei folgendes entnommen. Zur Untersuchung wurden vor allem verschiedene Humuspilze herangezogen. Dabei wurde zunächst das Gedeihen dieser Pilze auf Zellulosesubstrat studiert, besonders dann, wenn diese die einzige C-Quelle bil-

det, ferner wurden die mikroskopisch nachweisbaren Veränderungen untersucht, welche die Zellulosefasern bzw. Zellwände dabei erleiden. Als Zellulosesubstrat diente gereinigtes Fließpapier, Baumwolle, Leinenfaser usw. Es ergab sich, daß eine ganze Reihe von Humuspilzen zweifellos das Vermögen hat, Zellulose mit Hilfe eines hydrolytisch spaltenden Enzyms zu lösen und aufzunehmen, und daß solche Formen mit Zellulose als einziger C-Quelle gut gedeihen. Die Lösung der Zellulose läßt sich auch mikroskopisch nachweisen, wobei ähnliche Bilder auftreten, wie sie *Haberlandt* bei der Verdauung von Zellwänden im Tierkörper fand. Kultivisierte und verkorkte Membranen werden von Pilzen niemals angegriffen — ein deutlicher Beweis für die Schutzfunktion dieser Gewebe. Auch verholzte Wände werden nur wenig verändert.

Von den drei reizphysiologischen Arbeiten, welche der Band schließlich noch enthält, sei hier nur die Untersuchung O. Bannerts „Über den Geotropismus einiger Infloreszenzachsen und Blütenstiele“ kurz besprochen, da Ref. über zwei weitere Arbeiten C. Zollikofers zur Statolithentheorie demnächst an dieser Stelle im Zusammenhang mit anderen Arbeiten berichten will. Bannert ging besonders der Frage nach, ob die sogenannte „vitale Lastkrümmung“ *Wiesners* einer kritischen Prüfung standhält. Es ist bekannt, daß sehr viele Blütenknospen vor ihrer Entfaltung „nicken“, d. h. infolge einer Krümmung des Blütenstiels nach abwärts gerichtet sind, sich aber beim Erblühen wieder erheben. Dieses Nicken könnte von vornherein auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden, so vor allem auf eine besondere Art des Geotropismus, also auf die Einwirkung der Schwerkraft als Krümmungsreiz, dann auch, wie *Wiesner* für manche Fälle, z. B. das Maiglöckchen angenommen hat, dadurch, daß die Knospe durch ihr Eigengewicht sich zu senken trachtet und dabei auf die physikalisch obere Seite des Stieles einen Zug ausübt, der das Wachstum an dieser Stelle beschleunigt, und auf die Unterseite einen gewissen Druck, durch den das Wachstum dort gehemmt werde. Das wäre dann eine „vitale Lastkrümmung“ im Sinne *Wiesners*. Schließlich könnte es auch ohne äußere Reizwirkung aus inneren Gründen zu einer Krümmung kommen, die wir dann als autonome Epinastie zu bezeichnen hätten. Eine solche hat *Wiesner* für die Knospen von *Papaverarten* angenommen. Um zu einer Entscheidung zu kommen, stellte Bannert folgende Versuche an: Maiblumen-Blütenstände mit noch aufgerichteten jungen Knospen wurden langsam um die horizontale Achse eines Klinostaten rotiert. Auf diese Weise gelingt es bekanntlich, die einseitige Wirkung der Schwerkraft auszuscheiden, da hierbei nach und nach jede Seite des Pflanzenorgans gleiche Zeiten hindurch unten und oben ist. Voraussetzung ist, daß das Organ physiologisch radiär ist, d. h. allseits gleichartig reagiert. Die Blütenstiele der Maiglöckchen blieben in diesen Versuchen bis zum Aufblühen gerade, das Nicken kann also ohne einseitige Schwerkraftwirkung nicht zustande kommen, und damit scheidet zunächst die Möglichkeit einer autonomen Epinastie aus. Nun wurde an aufrechtstehenden Pflanzen das Knospengewicht dadurch aufgehoben, daß an den Blütenstielen mittels Kokonfäden Gewichtchen (60 mg) befestigt wurden. Die Fäden wurden über Rollen geleitet und so das Knospengewicht (40—50 mg) kontrolliert. Die Krümmung der Blütenstiele trat trotzdem ein, eine „vitale Lastkrümmung“ liegt also nicht vor, viel-

mehr wird die Krümmung nach abwärts allein durch den positiven Geotropismus des Blütenstiels bewirkt. Dasselbe ließ sich für die nickenden Knospen einer größeren Anzahl von Pflanzen nachweisen.

H. v. Guttenberg, Berlin-Dahlem.

Schallmayer, W., Vererbung und Auslese, Grundriß der Gesellschaftsbiologie und der Lehre vom Rassedienst. 3. Aufl. Jena, G. Fischer, 1918, 335 S. Preis geh. M. 15,—, geb. M. 19,—.

Die Lehre vom Rassedienst baut sich auf naturwissenschaftlicher Grundlage auf, weshalb das Buch hier besprochen sei. Die erste Auflage ging aus von einem Preisausschreiben, das von *F. A. Krupp* durch *Haeckel, Conrad* und *Fraas* erlassen worden war. Der Verfasser sucht zu beweisen, daß es unbedingt nötig sei, die Fortpflanzung der sozial wertvollsten Menschen zu heben, die der sozialen Schädlinge herabzudrücken oder ganz zu verhindern.

Nachdem die Lehre vom Rassedienst gekennzeichnet und abgegrenzt, ihre Hilfswissenschaften und ihre Geschichte dargestellt worden sind, wird auf mehr als 80 Seiten die biologische Entwicklungslehre, Vererbung und Variabilität, soweit sie für das Hauptthema in Betracht kommen, geschildert. Auf dieser Grundlage wird dann das für die menschliche Erbanlage Wichtigste gegeben, wobei die Schwierigkeiten der Unterscheidung zwischen Phänotypus und Genotypus gebührend hervorgehoben werden.

Im nächsten Abschnitt wird gezeigt, durch welche Faktoren die Lebensauslese beim Menschen beeinflusst wird. Es sind hier hauptsächlich Kultureinflüsse, Rechts- und wirtschaftliche Verhältnisse, Ernährung, Heilwesen und Hygiene, die in Betracht kommen, dann die Auslesewirkungen des Krieges, die eingehend geschildert werden, sowie die Beeinflussung der Fruchtbarkeitsauslese durch unsere Kultur. Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß durch das Aufrücken der Einzelmenschen in sozial höhere Schichten ein Herausheben der Tüchtigeren vor sich geht, das aber durch die geringere Fortpflanzung der oberen Stände schließlich zu einer Verarmung der Gesamtbevölkerung an sozial wertvollen Persönlichkeiten, zu einer Verschlechterung des Durchschnittswertes führen muß, weil eine Förderung der Vermehrung der Tüchtigsten unter unseren kulturellen Verhältnissen nicht oder kaum stattfindet und der Krieg im Gegenteil sogar eine negative Auslese, eine Vernichtung und eine Verminderung der Fortpflanzung der Besten bedingt.

Zu demselben Ergebnis führt die im nächsten Abschnitt gegebene Schilderung des Niedergangs und Aussterbens von Völkern. Daß dieses aber keine Naturnotwendigkeit ist, wird an dem Beispiel der Chinesen dargelegt, deren Rassedienst durch uralte ethische Anschauungen gesichert und durch die Erziehung aufrecht erhalten werde. In engem Zusammenhang mit diesen Darlegungen steht die Auffassung des Verfassers vom Endziel und Wertmaß aller staatlichen Politik. Ausgehend von der biologischen Erfahrung, daß das Leben und Gedeihen des Einzelwesens hinter der Erhaltung der Art zurückstehen müsse, lehnt er die Anschauung ab, daß die Ethik ihre Rechtfertigung in einer Vermehrung menschlichen Glückes finde, vielmehr sei der tiefste Sinn der Ethik, eine Gesellschaft existenzfähig zu machen.

Im zweiten Hauptteil werden nun die Ziele und Wege des Rassedienstes dargelegt, wobei immer zwischen Personen- und Rassenhygiene unterschieden wird. Die Volksvermehrungspolitik, also die Mehrung des Nachwuchses, die Minderung der Säuglingssterblichkeit

dient dem Rassedienst nur nebenher, der hauptsächlich die gute Kombination von Erbanlagen zum Ziele haben muß. Eine Begünstigung der nordischen Rasse gehört nicht in das Programm der Eugenik, als deren Grundlage die Anlegung von „erbbiographischen Personalbogen“ gefordert wird. Solange diese aber nicht bestehen, muß der persönliche Wert der Eltern, der im Durchschnitt dem Rassewert sich nähert, als Ausgangspunkt für die Förderung oder Erschwerung der Fortpflanzung genommen werden. An Maßnahmen werden besprochen: Eheverbote und Gesundheitszeugnisse, Sterilisierung und Zwangsasylie, Reform der Sexualordnung (Polygamie u. dergl.), Einfluß der Erziehung, von Auszeichnungen und Strafen, von hygienischen und volkswirtschaftlichen Maßnahmen.

Schließlich folgt dann die Besprechung des Einflusses, der auf die Gattenwahl, auf die Verhütung von „Keimvergiftungen“ (Alkohol), auf die Zahl und Aufeinanderfolge der Geburten und dergl. ausgeübt werden kann, alles Dinge, die für den Rassedienst nach Ansicht des Verfassers von weniger großer Bedeutung sind.

Der sehr reiche Inhalt des Werkes konnte hier nur angedeutet werden. Soweit der Referent sich ein Urteil erlauben darf, sind alle Probleme gut durchdacht und die Folgen der empfohlenen Maßnahmen wohl berücksichtigt. Die Grundlage des Ganzen freilich, das Versagen des Ersatzes der oberen Bevölkerungsschichten aus den sich reichlich vermehrenden unteren und die Möglichkeit der Verbesserung des Erbgutes durch Eugenik lassen sich kaum beweisen, so gut sie in die Weltanschauung des Naturforschers passen.

E. G. Pringsheim, Halle.

Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Für Botaniker, Gärtner, Landwirte, Forstleute und Pflanzenfreunde. Zweite neubearbeitete Auflage. Jena, G. Fischer, 1918. XI, 324 S. und 137 Abbildungen. Preis geh. M. 13,—, geb. M. 15,50.

Trotz allen Schwierigkeiten, die der Krieg gebracht hat, kann Verfasser zwei Jahre nach dem Erscheinen der ersten Auflage seiner „Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei“ eine neue, verbesserte herausgeben. In allen wesentlichen Zügen ist die neue der ersten Auflage ähnlich geblieben; es darf daher auf die in Bd. 5, S. 603, der „Naturwissenschaften“ erschienene Besprechung verwiesen werden, in der bereits die ausgezeichneten Qualitäten des Buchs, die Darstellungskunst des Verfassers und die Anschaulichkeit der von ihm gegebenen Abbildungen gewürdigt worden sind. Der Umfang des neuen Buches übertrifft nur um etwa einen Druckbogen das frühere, die Zahl der Abbildungen ist um ein geringes vermehrt worden. Von den neuen Abschnitten, die Verfasser hinzuzufügen für richtig gehalten hat, seien besonders erwähnt das die Wirkung der Regenwürmer auf Topf- und Freilandkultur behandelnde Kapitel, reizphysiologische Erörterungen und einige Bemerkungen über Burdonen. Vielleicht wäre es vielen Gärtnern erwünscht, über Pflanzenpathologie, namentlich über pathologische Stoffwechselercheinungen und die Wirkung der Parasiten mehr zu erfahren, als Verfasser über diese Themata mitteilt.

E. Küster, Bonn.

Morton, F., Wasserpflanzen. Leipzig, Theod. Thomas, 1919. 70 S. Preis M. 1,—.

Das mit 29 Abbildungen versehene Heftchen enthält eine recht brauchbare Übersicht über die Lebens-eigentümlichkeiten unserer Wasserpflanzen mit Berücksichtigung der Physiologie und wird besonders

geeignet sein, die Aufmerksamkeit der Aquarienliebhaber auf sie zu lenken. Denn die Aquarienpflanzen sind nicht nur für das Gedeihen der Wassertiere notwendig, sondern an und für sich wert, daß man sich eingehend mit ihnen beschäftigt.

E. G. Pringsheim, Halle.

Sterzinger, Othmar, Zur Psychologie und Naturphilosophie der Geschicklichkeitsspiele, in Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen, herausgegeben von Dr. Karl Marbe, V. Band, 1. Heft, November 1917.

Die Theorie der Wahrscheinlichkeitsgesetze zerfällt in zwei prinzipielle Teile. Der eine beschäftigt sich mit der formalen Struktur der *rechnerischen Beziehungen*, die in diesen Gesetzen enthalten sind; er stellt die Mathematik der Wahrscheinlichkeitsgesetze dar und ist wie jede mathematische Disziplin eine logisch auflösbare und eindeutig entscheidende Wissenschaft, deren Resultate im mathematischen Sinne streng beweisbar sind. Der andere Teil untersucht die *Beziehungen* dieser mathematischen Disziplin zur *Wirklichkeit*, d. h. die Frage, welche Geltung diese Rechenformeln für das Geschehen beobachtbarer Dinge besitzen. Es soll nun, hier nicht behauptet werden, daß diese erkenntnistheoretische Untersuchung weniger streng und logischer Auflösung unzugänglich sein muß; aber sicher ist, daß für sie nicht die allgemeine Einstimmigkeit der Meinung behauptet werden kann, die die Mathematik auszeichnet, und die ganze Unentschiedenheit und Unklarheit, die heute das Gebiet der philosophischen Erkenntnistheorie beherrscht, wird das Geltungsproblem der Wahrscheinlichkeitsgesetze ebenso durchziehen. Die Arbeit Sterzingers gehört diesem Problemkreis an, und es muß von vornherein gesagt werden, daß sie diese Unklarheit für ihr Gebiet nicht überwunden hat, im Gegenteil, das Bild einer gedanklichen Verwirrung darstellt, wie sie für die Diskussion erkenntnistheoretischer Fragen charakteristisch ist.

Sterzinger untersucht die *Geltung von Wahrscheinlichkeitsgesetzen für gewisse psychophysiologische Reaktionen*. Bereits in der Entwicklung des Problems fehlt jede klare Begriffsabgrenzung. Er versteht unter Naturphilosophie die Disziplin der „Erscheinungen, die Umfassungen der Erscheinungen der Einzelwissenschaften darstellen, oder die wegen ihres allgemeinen Charakters in diesen keine Aufnahme gefunden haben“. In dieses Sammelbecken wissenschaftlicher Restbestände ordnet er dann die Zufallsspiele ein; ihnen verwandt sind wieder die Geschicklichkeitsspiele, die aber z. T. in das Gebiet der Psychologie hineinfallen. Die definierte Naturphilosophie zerfällt wieder in einen theoretischen und einen experimentellen Teil. Diese experimentelle Naturphilosophie ist es (neben der Psychologie), die durch statistische Aufnahme von Geschicklichkeitsspielen bereichert werden soll. — Zu dem Zweck läßt Sterzinger Versuchspersonen ein *Ballspiel* ausführen, bei dem ein Ball, der durch einen Faden an einen Fangbecher geknüpft ist, in die Höhe geschleudert und aufgefangen wird. Die Anzahl der Treffer und Versager wird gezählt und bildet das experimentelle Material der naturphilosophischen Erörterungen. Ein ähnliches Material liefert ein *Spiel mit dem Ergographen*, dem bekannten Apparat zur Messung von Ermüdungserscheinungen.

Für die Auswertung des Materials stellt sich Sterzinger

folgendes Problem. Nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung gilt für Treffer wie Versager je eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, ihr *Zahlenverhältnis* muß also für eine große Zahl von Versuchen nach einem bestimmten Wert streben. Die mathematische Wahrscheinlichkeitsrechnung lehrt jedoch, über diese einfachste Aussage hinausgehend, noch bestimmte Regeln für die Häufigkeit von Kombinationen; sie gibt z. B. an (durch das Theorem von *Bernoulli*), wie oft eine Kombination von 3 Treffern nacheinander auftreten muß usw. Hier setzt nun Sterzingers Fragestellung ein. Er will die Häufigkeit derartiger Kombinationen, Gruppen (nach *Marbe*) genannt, prüfen. Er vermutet, daß gewisse Gruppen häufiger vorkommen, als sie nach der Berechnung sollten, und nimmt die Existenz von Rhythmen in der Zahlenfolge der Ereignisse an, die das Bild der rein mathematischen Streuung durchsetzen. (Zur Verarbeitung des experimentellen Zahlenmaterials bedient er sich der von *Marbe* eingeführten *tychographischen Beschreibung*.)

Experimentelle Untersuchungen werden immer ein Resultat liefern; es fragt sich nur, ob dieses Resultat eine über den Kreis des Erfahrungsmaterials hinausgehende Geltung besitzt, ob es ein *allgemeineres Prinzip natürlicher Zusammenhänge* darstellt. Würde sich der Experimentator der Geschicklichkeitsspiele diese Frage gestellt haben, so würde er zwischen der in den Wahrscheinlichkeitsbeziehungen enthaltenen *Formalgeltung* und der Struktur *bestimmter empirischer Inhalte* unterschieden haben. Er würde bemerkt haben, daß es zahlreiche Fälle gibt, in denen der einfache Wahrscheinlichkeitsansatz nicht erfüllt ist, weil hier besondere störende Umstände vorliegen (wie z. B. bei dem falschen Würfel), und daß aus ihnen niemals ein Schluß über die *Formalgeltung* selbst, sondern nur über ihre spezielle Anwendbarkeit gezogen werden kann. Wenn deshalb Sterzinger durch seine Statistik zu dem Resultat kommt, daß die Gruppen der Treffer von einer gewissen Gruppengröße ab häufiger sind als der Berechnung entspricht, so würde eine klare Kritik darauf antworten, daß damit nichts über die *Wahrscheinlichkeitsgesetze*, sondern nur über die *Psychologie des Fangballspiels* etwas herausgebracht ist. Vermutlich wird die Aufmerksamkeit der Versuchsperson durch das Gelingen einer Trefferwiederholung so angespornt (wie auch Sterzinger schon andeutet), daß dadurch günstigere Bedingungen für den Treffer geschaffen werden. Aber von einer derart nüchternen Einsicht in das Resultat der umfangreichen Untersuchung ist nichts zu spüren. Sterzinger glaubt, hier auf ein tiefes Naturgesetz gestoßen zu sein, das allgemeiner ist als die normale der Berechnung entsprechende Verteilung, daß das normale „Bild der Zufallsgeschehnisse auf Superposition verschiedener Wellen, namentlich solcher inkommensurabler Wellenlänge zurückgehe, und daß die Ausgleichung des Zufalls sohin auf das Vorhandensein einer rhythmischen Achse beruht“.

Der Irrtum in der Bewertung experimenteller Resultate, der hier zutage tritt, ist so groß, daß man ihn nur verstehen kann, wenn man an die Verworrenheit der ersten Definitionen dieser Arbeit zurückdenkt. Freilich, wenn man die Philosophie experimentell ergründen will, wird man die Experimente wenig philosophisch beurteilen.

Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 36. (Seite 645—660)

5. September 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Hermann von Helmholtz. Zu seinem 25-jährigen Todestage. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. Wien, Würzburg. S. 645.

Über den kristallisierten und amorphen Zustand organischer Verbindungen und über die sogenannten flüssigen Kristalle. Von Geheimen Rat Prof. Dr. P. H. von Groth, München. S. 648.

Die Grundlagen der Erregung und der Erregungsleitung in der lebendigen Substanz. Von Priv. Doz. Dr. Walter Thörner, Bonn. S. 652.

Besprechungen:

Müller, Alois, Die Referenzflächen des Himmels und der Gestirne. Von J. Wittmann, Kiel. S. 655.

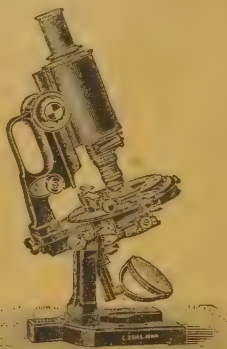
Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:
Die Zusammensetzung des Atomkerns. Der 72-zöllige Reflektor des Astrophysikalischen Observatoriums in Victoria (Canada). Beobachtungen über das Wachstum von Stalaktiten. S. 659—660.



Die bewährte
Drahtlampe

Osram

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften
kostenfrei

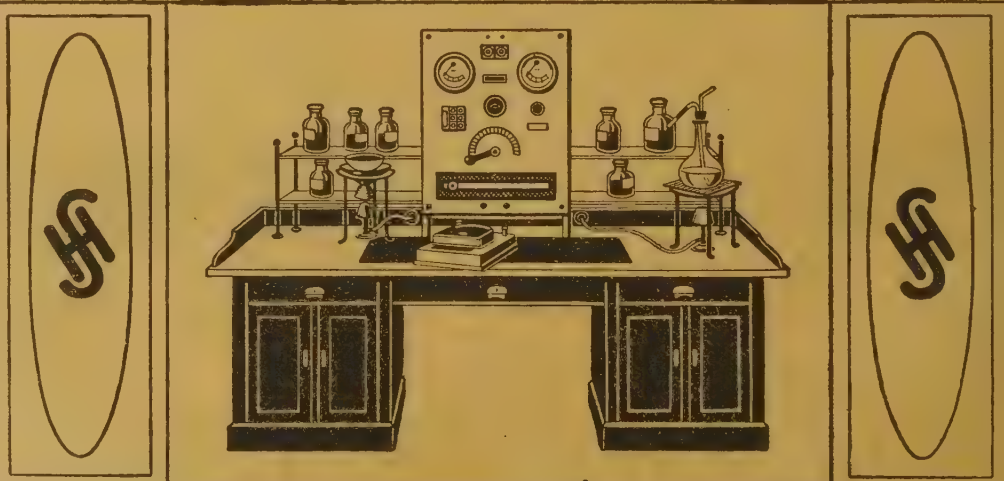
BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Siemens & Halske A.G. Wernerwerk

SIEMENSSTADT BEI BERLIN



Experimentier- und Elektrolyse-Tische

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

5. September 1919.

Heft 36.

Hermann von Helmholtz.

Zu seinem 25-jährigen Todestage.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. Wien, Würzburg.

Am 8. September ist ein Vierteljahrhundert verflossen seit dem Tode eines der größten deutschen Naturforscher, *Hermann von Helmholtz*. Einen Naturforscher, nicht einen Physiker, muß man ihn nennen, da sein Denken und seine Arbeit weit über das engere Gebiet des Faches hinausgreift, das er in seiner amtlichen Tätigkeit in den letzten Jahrzehnten seines Lebens vertrat.

Dem heutigen Geschlecht sind Männer von dem umfassenden Arbeitsgebiet eines *Helmholtz* unbekannt, da die Beschränkung auf kleinere Abschnitte der Wissenschaft durch die schnell vorwärtsschreitende Ausdehnung notwendig geworden ist. Dennoch ist *Helmholtz*, dessen Bedeutung ihn aus der Zahl der Männer der Wissenschaft emporhob und zu einer allgemein bekannten Persönlichkeit machte, von vielen Seiten als Vertreter des modernen Spezialistentums bezeichnet, wie das in besonders auffallender Form in dem Buch „Rembrandt als Erzieher“ geschah. Das war eine Verkennung der Arbeitsweise der Männer der Wissenschaft. Ein solcher war *Helmholtz* durchaus und hat niemals versucht, etwas anderes zu sein.

Die Bedeutung einer wissenschaftlichen Persönlichkeit, die Dauer ihrer Wirkung gibt sich in anderer Weise kund als die des Künstlers. Auch die hervorragende wissenschaftliche Arbeit verschwindet als Baustein in dem nie vollendeten Gebäude der Erkenntnis, wo nur die neugelegten Mauerschichten der Gegenwart sichtbar sind. Nur die Erinnerung an eine besonders hervortretende Leistung pflegt sich an den Namen des Entdeckers zu knüpfen, nur selten nimmt man die ursprünglichen wissenschaftlichen Werke längst vergangener Zeiten wieder zur Hand. Das persönliche Werk des Künstlers hingegen ist alles, und wenn das lebendige Werk nicht mehr unmittelbar zu den Menschen spricht, ist die Leistung vergangen.

Nur bei wenigen Persönlichkeiten ist gleichzeitig das Künstlertum so bedeutend, daß die einzelne Abhandlung das Gepräge einer künstlerischen Leistung erhält und als solche fortlebt. *Helmholtz* gehört unzweifelhaft zu diesen und manche seiner Abhandlungen, seiner Bücher und Vorträge werden noch in ferner Zeit gelesen werden.

Den Maßstab für die Wertung großer Persönlichkeiten früherer Zeiten bildet immer der

Einfluß, den die Gedanken dieser Männer auf die Beurteilung der zeitbewegenden Fragen haben. Das Ansehen der einzelnen ist daher fast immer Schwankungen unterworfen, sinkt zeitweilig, um dann von neuem emporzusteigen.

Helmholtz ist den Älteren der gegenwärtigen Generation der Physiker noch Vorbild und Lehrer gewesen und daher noch nicht ganz zu einer geschichtlichen Persönlichkeit geworden. Aber die wissenschaftliche Entwicklung seit seinem Tode war eine derartig schnelle und umstürzende, daß seine Zeit und ihre wissenschaftlichen Ziele wie weit zurückliegende erscheinen. Daher kann es wohl als lohnende Aufgabe angesehen werden, die Arbeiten und Bestrebungen der unmittelbaren Gegenwart mit seinen Gedanken zu vergleichen, die sich am Ende seines Lebens immer ausschließlicher der Physik zugewandt hatten. Jeder, der dem *Helmholtz*schen wissenschaftlichen Ideenkreise nahegestanden hat, wird bei einer solchen Betrachtung zu dem Ergebnis kommen, daß die Richtung der physikalischen Forschung sehr erheblich abweicht von der, die *Helmholtz* in den letzten Jahren seines Lebens vorgeschwebt hatte. Die letzte große physikalische Entdeckung, die er erlebt hatte, die der Hertz'schen Wellen, schien die elektromagnetische Theorie von *Maxwell* endgültig zu bestätigen und damit auch die Auffassung, daß Elektrizität und Magnetismus Vorgänge im Äther seien, dessen Dasein damit als endgültig erwiesen angesehen wurde.

Eine der letzten wissenschaftlichen Arbeiten von *Helmholtz* handelt von den Strömungen des Äthers, die durch elektromagnetische Vorgänge in ihm erregt werden, wenn er sich wie eine vollkommene Flüssigkeit verhält. Aber schon ein Jahr nach seinem Tode erschien die Arbeit von *H. A. Lorentz* „Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern“, die als Vorläuferin der heutigen Relativitätstheorie angesehen werden muß und, wenn der den Raum erfüllende Äther auch noch nicht abgeleugnet wird, diesen doch als nicht wirklich nachweisbar erklärt. Die Relativitätstheorie hat, soweit sie sich auf Systeme in gleichförmiger Bewegung bezieht, so große Vorzüge an Einfachheit und Eindeutigkeit der wissenschaftlichen Darstellung, daß *Helmholtz* ihr seinen Beifall kaum versagt hätte, trotzdem sie einen andern Weg beschritt, als er zu gehen sich anschickte. Ob er freilich mit der neueren Entwicklung der verallgemeinerten Relativitätstheorie einverstanden gewesen wäre, ist weniger sicher. Nicht die über-

große Entfernung von sinnlichen Vorstellungen und das Arbeiten mit abgezogenen Begriffen würde ihn abgeschreckt haben. Daran war er gewöhnt, und er ist sogar sehr stark an den vorbereitenden Arbeiten für diese Relativitätstheorie beteiligt. Da diese, wie man sagen kann, zu nichts anderem als einer sehr verallgemeinerten nicht-euklidischen Geometrie sich entwickelt hat, so hat *Helmholtz*, der mit *Riemann* gleichzeitig die nichteuklidische Geometrie in ihren noch einfachen Formen schuf, der allgemeinen Relativitätstheorie die Grundlage bereitet. Was er aber wahrscheinlich an ihr auszusetzen gehabt hätte, ist im Grunde das, was ihm an den mechanischen Modellen des Äthers und der Atome tatsächlich unbefriedigend erschien, die dabei mögliche und daher unvermeidliche Willkür.

Wenn es möglich sein sollte, die allgemeine Relativitätstheorie, die von dem Gedanken ausgegangen ist, daß überhaupt keine absoluten Bewegungen nachweisbar sind, sondern nur solche relativ zu anderen Körpern, in eine solche Form zu bringen, daß alle Willkürlichkeiten ausgeschaltet wären, so würde eine solche Darstellung der Tatsachen den *Helmholtz*schen Forderungen entsprechen, der in dem Vorwort zur *Hertz*schen Mechanik erklärt, daß „er sich selbst durch die Darstellung der Tatsachen und ihrer Gesetze durch die Systeme der Differentialgleichungen der Physik am besten gesichert fühle“.

Helmholtz hatte seine Tätigkeit immer mehr der theoretischen Physik zugewandt. Aber für alle neuen Tatsachen, die durch Beobachtung gefunden wurden, hatte er das größte Interesse und suchte sogleich die Verbindung mit dem Bekannten herzustellen. So ist es sehr bedauerlich, daß er die Entdeckung der Röntgenstrahlen und daher auch die an sie anknüpfende großartige Entwicklung der physikalischen Erkenntnis nicht mehr erlebt hat. Hat er doch die Elektrontheorie vorbereitet durch seine Ideen von der atomistischen Struktur der Elektrizität, die er in seiner Faradayrede aussprach, wo er mit Hilfe der damaligen unvollkommenen Kenntnisse schon die Unteilbarkeit des elektrischen Elementarquantums behauptete. Auch würde er in den Röntgenstrahlen den „Stoß auf den elektromagnetischen Äther“ erkannt haben, von dem er in einem Brief an *H. Hertz* spricht in der Meinung, in den Kathodenstrahlen diesen Vorgang vor sich zu haben, während diese Strahlen ihn erst auslösen.

Von der Entwicklung der neueren Strahlungstheorie hat er noch den Beginn erlebt, und ich habe manche der in Betracht kommenden Fragen mit ihm besprechen können. Bei seiner Neigung zu kritischer Beurteilung alles Neuen, mochte es von ihm selbst oder von anderen stammen, zweifelte er zunächst auch die Richtigkeit des Verschiebungsgesetzes an, bis er mir aber nach kurzer Zeit erklärte: „Ich habe mich davon überzeugt, daß Sie recht haben.“ Dagegen hatte er gegen

die Anwendung des Entropiebegriffs auf reine Strahlungsenergie, deren Berechtigung *Lord Kelvin* bestritt, von vornherein nichts einzuwenden. Die weitere Entwicklung der Theorie, die schließlich zur *Planck*schen Theorie der Energiequanten und der Konstanten führte, hat er nicht mehr erlebt. Es ist nicht wahrscheinlich, daß er sie bei seinen hohen Anforderungen an logische Geschlossenheit in ihrer jetzigen Form gebilligt hätte. War ihm doch sogar die *van't Hoff*sche Theorie der Lösungen nicht streng genug begründet. Er würde sich jedoch den großen Erfolgen der Anwendung der Konstante *h* auf atomistische Vorgänge nicht verschlossen haben, wie er an der selbständigen Entwicklung der deutschen Physik sicher seine Freude gehabt hätte.

Wenn wir jedoch die allgemeinere Bedeutung von *Helmholtz* für unsere jetzige Zeit richtig beurteilen wollen, so dürfen wir uns nicht auf die gerade im Vordergrund des allgemeinen Interesses stehenden Fragen beschränken. Viele seiner Leistungen, wie die allgemeine Formulierung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie, sind so zum unentbehrlichen Hilfsmittel aller physikalischen Betrachtungen geworden, daß an die ursprüngliche Leistung nicht mehr gedacht wird. Auch haben die *Helmholtz*schen Errungenschaften weit über das Gebiet der Physik hinausgegriffen. Man findet seinen Namen fast ebensoviel in anderen Naturwissenschaften wie in der Physik selbst. Seine Schallehre, in vieler Hinsicht unübertrefflich und schlechthin abschließend, wird von jedem durchgearbeitet, der sich mit ausübender Musik oder mit der Herstellung der Klänge zu beschäftigen hat. Ebenso ist die physiologische Optik wohl von niemand in solchem Maße beeinflusst wie von *Helmholtz*. Hier hat sich allerdings der alte, schon in der *Goetheschen* Farbenlehre vorliegende Gegensatz zwischen physikalisch-objektiver und subjektiver Auffassung der Sinneseindrücke insofern gezeigt, als der *Helmholtz*schen physikalischen Farbentheorie die *Heringsche* entgegengesetzt wurde, die das Weiß als eine einfache Empfindung ansah.

Helmholtz hatte im Anfang seiner wissenschaftlichen Laufbahn nach der grundlegenden Arbeit über die Erhaltung der Energie sich hauptsächlich der Physiologie gewidmet und auf diesem Gebiet Außerordentliches geleistet. Außer den schon erwähnten großen, fast vollständig auf eigenen Forschungen beruhenden Lehrbüchern der Tonempfindungen und der physiologischen Optik hat besonders die Erfindung des Augenspiegels seinen Namen zu einem weltbekannten gemacht. Aber auch die Messungen der Geschwindigkeit der Ausbreitung eines Nervenreizes, welche die auffallend geringe Größe dieser Geschwindigkeit feststellte, war eine physiologische Leistung ersten Ranges. Nichtsdestoweniger war *Helmholtz* doch auch als Physiologe in erster Linie Physiker. Seine Methoden sind fast ausschließlich physikalische, und bei seinen physiologischen Unter-

suchungen ergaben sich immer wichtige physikalische Ergebnisse. Das gilt nicht nur für die Untersuchungen auf dem Gebiet der Schallehre und physiologischen Optik. Bei den Versuchen über die Fortpflanzung der Reizung stellte er elektrische Untersuchungen an, erfand wichtige physikalische Apparate, wie das Pendel zur Messung kurz andauernder Ströme, und schrieb im Anschluß an diese Arbeiten die großen Abhandlungen über die Gesetze der Elektrodynamik. Ebenso mündeten seine umfassenden Arbeiten für die Schallehre in der klassischen mathematischen Abhandlung „Über Schwingungen der Luft in Röhren mit offenen Enden“ aus, wo er Probleme löste, vor denen die großen Mathematiker wie *Euler* Halt gemacht hatten. Immer wieder drängte ihn seine innere Begabung von den physiologischen Arbeiten zur Physik, der er sich dann schließlich völlig zuwandte.

Hier griff er schon im vorgerückten Lebensalter in die verschiedensten Gebiete gestaltend ein, immer mehr der theoretischen Physik sich zuwendend und doch wieder ganz neue Gebiete betretend wie das der Meteorologie.

Bei einem Forscher wie *Helmholtz* kommt es schließlich nicht so sehr auf die einzelnen wissenschaftlichen Abhandlungen an, die für die Entwicklung der Wissenschaft naturgemäß immer von verschiedener Bedeutung sind. Es kommt auf die Gesamtwirkung der ganzen geistigen Richtung an. *Helmholtz* hat zuerst in Deutschland die Physik wieder als eine ganze Wissenschaft aufgefaßt. Vor ihm war sie gänzlich in zwei miteinander nur lose zusammenhängende Teilwissenschaften zerfallen, die theoretische und experimentelle Physik, die sich wenig umeinander kümmerten. *Helmholtz*, der in Berlin die Experimentalphysik vertrat, arbeitete selbst so gut wie ausschließlich auf theoretischem Gebiet. Theorie und Experiment gingen bei ihm immer Hand in Hand, und ein Physiker wie *H. Hertz* konnte nur aus der *Helmholtz*schen Schule hervorgehen. Diese Richtung, die *Helmholtz* der Physik gab, hat sie zu den Leistungen der letzten Jahrzehnte erst befähigt. Über alle seine Fachgenossen jedoch hob er sich durch die Art, wie er sich zu dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisproblem selbst stellte. Wie in jeder produktiven wissenschaftlichen Persönlichkeit künstlerische Gestaltungskraft wohnen muß, so auch die Neigung, zu den philosophischen Quellen der Erkenntnis vorzudringen. Wenn *Helmholtz* durch den Gegensatz zur *Hegelschen* Schule sich zunächst zum Empirismus entwickelte und seiner naturwissenschaftlichen Richtung nach diesen auch niemals aufgeben konnte, so ist er schließlich doch immer bestrebt gewesen, sich die Frage vorzulegen, wie die Naturwissenschaft sich der Natur gegenüber zu stellen hat und welche Stellung ihr in der Gesamtheit der Wissenschaften zukommt. Deshalb hat er nicht nur durch seine eigenen wissenschaftlichen Leistungen auf die Zeitgenossen

gewirkt, er hat in seinen Vorträgen und Reden die gesamte Wissenschaft, ihre Ziele und Zwecke beleuchtet und eine wundervolle Übersicht über die Beziehungen der Wissenschaften zueinander gegeben. *Helmholtz* hat, obwohl er in der Naturwissenschaft wurzelte, immer die ideellen Ziele im Auge gehabt. Nach seiner Überzeugung sollten auch die Naturwissenschaften nicht die materiellen Ziele industrieller Entwicklung vorzugsweise befördern, sondern die Herrschaft des Geistes ausbreiten und befestigen. Deshalb soll jede Wissenschaft zunächst nur der Erkenntnis dienen. Die fortschreitende Erkenntnis bringt die Anwendung auf praktische Fragen ohnehin mit sich.

Die Ausbreitung wissenschaftlich gesicherter Ergebnisse über den engeren Kreis der Fachwissenschaft hinaus schien *Helmholtz* immer eine bedeutungsvolle Aufgabe zu sein, um den Einfluß der großen Gedanken zu vergrößern. In seinen gemeinverständlichen Vorträgen hat *Helmholtz* dieses Ziel während seines ganzen Lebens unbeirrt verfolgt. Sie sind sein unmittelbares Vermächtnis an das deutsche Volk und in der Vollendung der Darstellung eine große künstlerische Leistung. Nicht oft haben große Männer der Wissenschaft auch den Weg der gemeinverständlichen Darstellung betreten.

Die weitverbreitete Meinung, daß Männer, die sich auf den Höhen der Wissenschaft bewegen, notwendig in ihrer Darstellung schwer verständlich sein müssen, trifft nicht zu. Wer ein Problem selbst vollkommen beherrscht und nach allen Richtungen durchdacht hat, findet am leichtesten die Möglichkeit, den einfachen Kern von dem nebensächlichen Beiwerk zu befreien.

Bei der universellen Richtung des *Helmholtz*schen Geistes ist es natürlich gewesen, daß er der neben der Wissenschaft größten Kulturbetätigung seine Aufmerksamkeit widmete, der Kunst. Es gab keine Seite der Kunst, für die er nicht das größte Interesse gehabt hätte. Dabei spürte er besonders den Zusammenhängen zwischen Kunst und Wissenschaft nach, für deren Auffindung er besonders befähigt war. Vorzugsweise waren es die Musik und die Malerei, deren physikalische und physiologische Grundlagen aufzudecken er sich fortgesetzt bemühte. So ist die Lehre von den Tonempfindungen auch für Musiker ein Werk von großer Bedeutung geworden. Seine Gedanken über die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Malerei hat er in seinen Vorträgen „Optisches über Malerei“ auseinandergesetzt. Es ist selbstverständlich, daß er ein großer Kunstfreund und großer Kunstkenner war. Er erblickt in der Entwicklung der Kunst auch eine ununterbrochen fortschreitende Reihe, indem die großen schöpferischen Männer des einen Zeitabschnittes an die des vorausgehenden anknüpfen. In der Musik wurde diese Fortentwicklung nach seiner Meinung durch die Namen der alten Italiener, *Bach*, *Haydn*, *Gluck*, *Mozart*, *Beethoven*, *Schumann*, *Richard Wagner* gekennzeichnet, während die bil-

dende Kunst schon frühe in der griechischen Plastik und den großen Malern der italienischen und deutschen Renaissance Höhepunkte erreichte, die in einer bestimmten Richtung nicht mehr zu steigern waren und die Weiterentwicklung entweder zur Nachahmung oder auf eine andere Richtung drängten.

Von allen großen Männern der Kulturentwicklung mußte notwendigerweise Goethe den *Helmholtz*-schen Geist am meisten beschäftigen. Sein erster und sein letzter wissenschaftlicher Vortrag waren *Goetheschen* Ideen gewidmet. Der erste behandelte *Goethes* naturwissenschaftliche Arbeiten. Obwohl er nicht anders konnte, als die *Goetheschen* physikalischen Ergebnisse in der Farbenlehre zu verwerfen, so hat er doch gleich gezeigt, daß es in der Eigentümlichkeit des künstlerischen Geistes in Goethe lag, die unmittelbaren sinnlichen Eindrücke der Farbenempfindung in den Vordergrund zu stellen und die eigentliche Fragestellung des Physikers beiseite zu lassen.

Am Ende seines Lebens hat er in Weimar seinen letzten großen Vortrag über „*Goethes* Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen“ gehalten. Es liegt in der Natur der dichterischen Äußerung, daß sie keine scharfe wissenschaftliche Begriffsbestimmung enthalten kann und daher deutungsfähig bleibt. Man kann auch nicht annehmen, daß Goethe selbst in seinen Dichtungen wissenschaftliche Gedanken hat aussprechen wollen. Aber es liegt in diesen Dichtungen der Ausdruck eines vorausschauenden Geistes, der die geistige Richtung seiner Zeit kennt und in der Dichtung symbolisch darlegt.

Als einer der Großen aus der großen Zeit des Deutschen Reiches ist *Helmholtz* am 8. September 1894 heimgegangen, als diese Zeit bereits zu Ende war. Wenn ihm politische Fragen fern lagen und er von Männern der Wissenschaft verlangte, daß sie der Politik fern bleiben sollten, so hat er doch unsere politische Entwicklung nicht ohne Sorge beobachtet. Er fürchtete den von Osten kommenden Druck des kulturlosen Rußlands, hat aber wohl nicht im entferntesten an die Möglichkeit gedacht, daß die von ihm hochgeschätzten Länder England und Amerika, da er in dem letzteren das Land der Zukunft sah, uns ins Unglück stürzen würden. Hätte er diese Zeit erlebt, so würde er nur von der geistigen Arbeit und vom deutschen Idealismus die Wiederaufrichtung erwartet haben.

Über den kristallisierten und amorphen Zustand organischer Verbindungen und über die sogenannten flüssigen Kristalle¹⁾.

Von Geheimen Rat Prof. Dr. P. H. von Groth,
München.

Die sogenannten amorphen festen Körper unterscheiden sich von den kristallisierten dadurch,

¹⁾ Vortrag, gehalten in der Sitzung der Münchener

daß erstere, wie die Gase und Flüssigkeiten, isotrop sind, d. h. in allen Richtungen gleiche physikalische Eigenschaften besitzen, während die Kristalle anisotrop sind, d. h. in ihnen gewisse physikalische Eigenschaften in bestimmten ausgezeichneten Richtungen ein Maximum oder Minimum annehmen. Die hierbei herrschenden Gesetzmäßigkeiten wurden zuerst erkannt bei anorganischen Verbindungen, und diese Kenntnis begann mit der Entdeckung der Gesetze der Doppelbrechung des Lichtes durch *Huyghens* und setzte sich fort in der Entwicklung der Kristalloptik in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts und der Feststellung des Zusammenhanges der optischen und der übrigen physikalischen Eigenschaften mit der Kristallform. Es wurde erkannt, daß die Kristalle ohne Hauptachse optisch zweiaxig seien; diejenigen mit einer Hauptachse einachsig, endlich die mit drei zueinander senkrechten, gleichwertigen, ausgezeichneten Richtungen, d. h. die am höchsten symmetrischen, das Licht einfach brechen. Hierher gehörig erwiesen sich besonders einfach zusammengesetzte Körper (Elemente, Verbindungen von nur zwei Atomen), so daß damit bereits ein Zusammenhang zwischen der Symmetrie des chemischen Moleküls und der des Kristalles erkannt war. Unter der Annahme, daß die Kristalle aus Molekülen bestehen, deren Anordnung dem Gleichgewicht der zwischen ihnen wirkenden Kräfte entspricht, führten diese Gesetzmäßigkeiten zu der Folgerung, daß die Schwerpunkte der ruhend gedachten Moleküle ein sogenanntes regelmäßiges Punktsystem bilden, d. h. eine Anordnung, bei welcher die einzelnen Moleküle von allen andern in gleicher Weise umgeben sind. Alle dieser Bedingung genügenden Punktsysteme erhält man aus einem einzigen Molekül durch sogenannte Deckoperationen (Parallelverschiebung, Drehung, Spiegelung und deren Kombinationen). Die regelmäßigen Punktsysteme sind im einfachsten Fall Raumgitter, d. h. solche, welche durch einfache Parallelverschiebungen hervorgebracht werden, im allgemeinen aber bestehen sie aus einer Mehrzahl ineinandergestellter Raumgitter. Die mathematische Entwicklung der Theorie der Kristallstruktur durch *Frankenheim*, *Bravais*, *Sohncke*, *Fedorow* und *Schönflies* führte zu dem Resultate, daß nur solche regelmäßige Punktsysteme möglich sind, deren Symmetrieverhältnisse den an den Kristallen wirklich beobachteten entsprechen, daher die Theorie eine vollständige Erklärung der physikalisch-geometrischen Gesetzmäßigkeiten der Kristalle lieferte. Die Ursache der regelmäßigen Lagerung der Moleküle ist deren Anisotropie, d. h. die Eigenschaft, nach verschiedenen Richtungen verschiedene Kräfte aufeinander auszuüben.

Die höchste Symmetrie zeigen die Kristalle mit drei zueinander senkrechten, gleichwertigen, ausgezeichneten Richtungen, das sind die kubischen, und diese müssen nach den Gesetzen der

Chemischen Gesellschaft am 14. Juli 1919 im großen Hörsaal des Laboratoriums für angewandte Chemie.

Optik für das Licht einfachbrechend sein. Dieselbe Eigenschaft der einfachen Lichtbrechung zeigen nun aber auch die Gase, die Flüssigkeiten und die sogenannten amorphen Körper, wie Gläser, Harze, Gele, gewisse Gummiarten, Eiweißstoffe usw. Hier kann von einer regelmäßigen Anordnung der Moleküle nicht die Rede sein, die Ursache der einfachen Lichtbrechung muß also hier eine ganz andere sein. Die Erklärung derselben beruht, wie schon seit längerer Zeit allgemein angenommen wird, darauf, daß die Moleküle sich zueinander in regelloser Stellung und Anordnung befinden, was für die Gase ja unmittelbar klar ist, für die tropfbaren Flüssigkeiten mit ihrer leichten relativen Bewegung der Teilchen ebenfalls nicht bezweifelt werden kann und für die Gläser, Harze usw. daraus hervorgeht, daß sie durch allmählichen Übergang (ohne diskontinuierliche Änderung der Eigenschaften, ohne Wärmetönung) mit den tropfbaren Flüssigkeiten verknüpft sind, also gewissermaßen „Flüssigkeiten mit großer innerer Reibung“ darstellen. Mit der Unregelmäßigkeit der Anordnung ihrer Teilchen stimmt auch überein das thermische Verhalten (Änderung der Leitfähigkeit) und die Tatsache, daß gewisse amorphe feste Körper sich spontan in ein Kristallaggregat umwandeln, woraus hervorgeht, daß die unregelmäßige Anordnung der Teilchen nicht dem Gleichgewichtszustande entspricht. Wenn aber ein Lichtstrahl auf einer kurzen Strecke ein unregelmäßiges Aggregat außerordentlich zahlreicher Moleküle durchläuft, in denen er wegen deren verschiedener Orientierung einen ungleichen Widerstand gegen seine Fortpflanzung erfährt, so muß für seine Geschwindigkeit sich ein Mittelwert ergeben, und dieser wird natürlich in einer anderen Richtung der gleiche sein. Man kann aber die Moleküle isotroper Körper zu einer gewissen Übereinstimmung ihrer Orientierung zwingen, z. B. eine Flüssigkeit durch Erregung einer Strömungsbewegung oder durch elektrische Spannung, ebenso Glas, Gelatine, Gummi durch bestimmt gerichteten Druck oder Zug, und in allen diesen Fällen tritt sofort Doppelbrechung ein. Wenn in solchen Körpern dauernd Zug- oder Druckspannung herrscht, so zeigen sie permanente Doppelbrechung, wie die gekühlten Gläser, in Rahmen erstarrte Gelatine, ferner Kolophonium, Kunstseide, Baumwollfasern, Muskelfibrillen usw. Die Doppelbrechung ist bei Zug und Druck entgegengesetzt, in ersterem Fall positiv, im anderen negativ, und bei einheitlicher Spannung, welche an allen Stellen des Körpers in gleicher Richtung stattfindet, zeigt derselbe im konvergenten polarisierten Licht das optische Achsenbild eines einachsigen Kristalles.

Nun hat man schon vor längerer Zeit erkannt, daß gewisse organische Gele, die besonders regelmäßige Doppelbrechung zeigen, z. B. das Stärkekorn, optisch einachsig sind, aber die optische Achse an jeder Stelle senkrecht zur

Oberfläche des Kornes steht. Man nahm daher an, daß die einzelnen kugelförmigen Schalen, aus welchen es besteht, eine gleichmäßige, tangentielle Spannung besitzen. Die Eiweißstoffe, welche in den Samen gewisser Pflanzen vorkommen, zeigen sogar regelmäßige, polyedrische, von Ebenen begrenzte Formen, welche aber nicht wie die Kristalle durch Anlagerung wachsen, sondern durch Intussuszeption (Aufquellung). *Nägeli*, welcher dies nachwies, nannte sie deshalb zum Unterschied von den Kristallen „Kristalloide“. *Schimper* wies 1878 nach, daß die oktaëdrischen Kristalloide nach allen Richtungen um gleichviel aufquellen, die rhomboëdrischen am stärksten parallel der Hauptachse, senkrecht dazu am wenigsten, gab aber keine Erklärung dieser merkwürdigen Gesetzmäßigkeit, welche vollständig derjenigen der thermischen Ausdehnung der Kristalle analog ist. 1888 beobachtete *Reinitzer* am Benzoylcholesterin einen doppelten Schmelzpunkt, indem zwischen der kristallisierten und der amorphen flüssigen Phase eine trübe flüssige erschien, welche sich im Polarisationsmikroskop als doppelbrechend erwies und daher von *Lehmann* als flüssig kristallisiert bezeichnet wurde. Letzterer beobachtete das gleiche Verhalten 1890 an den von *Gattermann* dargestellten Substanzen p-Azoxypheitol und p-Azoxyanisol. Diese und viele andere von ihm später untersuchte organische Substanzen bilden in einer neutralen Flüssigkeit suspendiert Tropfen, welche sich optisch verhalten wie die Stärkekörner, aber bei gegenseitiger Berührung zu größeren Tropfen zusammenfließen; es sind also vollkommene Flüssigkeiten. Adhärieren solche Substanzen an einer ebenen Fläche eines festen Körpers, z. B. an dem Objektglas, so steht deren optische Achse senkrecht zu dieser Fläche, und analog wirkt eine Kristallfläche, wie *Grandjean* 1917 nachwies, indem sich die flüssigen Kristalle auf einer Fläche eines Kristalles, welche große Netzdichtigkeit besitzt, auch nach Richtungen, die der Kristallfläche parallel sind, also nach mehreren Gleichgewichtsrichtungen regelmäßig anordnen. 1906 entdeckte *Vorländer*, daß Azoxybromzimmtsäureester, in Bromnaphthalin suspendiert, quadratische Stäbchen und Platten, zuweilen sogar deutliche tetragonale Pyramiden bildet, welche aber im Kampf mit den Kapillarkräften ihre Gestalt rasch ändern. Ferner wies derselbe durch Untersuchung zahlreicher organischer Substanzen nach, daß die Fähigkeit zur Bildung flüssiger Kristalle mit der Gestalt der Moleküle zusammenhänge, nämlich begünstigt werde durch lineare Struktur, indem z. B. bei der Aneinanderreihung von Ringsystemen nur die Paraverbindungen sie besitzen, und mit dieser linearen Struktur die Einachsigkeit in Beziehung stehe.

Lehmann benutzte zu seinen zahlreichen Untersuchungen über diese Gebilde das von ihm zum Studium der Wachstumsverhältnisse der Kristalle konstruierte Kristallisationsmikroskop,

dessen Nutzen für die Chemiker vielleicht deshalb nicht genügend bekannt ist, weil seine Untersuchungen ihn mehrfach zu Deutungen der Erscheinungen führten, die mit manchen der herrschenden physikalischen Lehren nicht im Einklang standen (er verwarf z. B. die Theorie des osmotischen Druckes und daher auch die der Dampftension der Kristalle), wodurch eine lebhaft Opposition gegen seine Ansichten hervorgerufen wurde. Da nach ihm alle möglichen Zwischenstufen zwischen der polyëdrischen Form fester Kristalle und der Kugelform tropfbarer Flüssigkeiten existieren, letztere aber, wenn sie zu den flüssigen Kristallen gehören, nach ihrem optischen Verhalten eine radiale Anordnung der Moleküle zeigen, so müßte nach *Lehmann* auch diese sich aus der Bindung der Atome durch die Valenzen erklären, wie es für die Gitterstruktur der Kristalle angenommen wird; dies sei aber unmöglich, also müsse die „chemische Atomgruppierungstheorie“ der Kristallisation unrichtig sein.

Dieser Vorwurf wäre berechtigt gewesen zu der Zeit, als noch die oben erwähnten Theorien der Kristallstruktur keine experimentelle Prüfung erfahren hatten. Diese ist aber nun möglich geworden infolge der Entdeckung von *Laue* (1912), daß die Kristalle auf die Röntgenstrahlen als Gitter wirken und deren Beugung hervorbringen, und nachdem die *Braggs* gezeigt haben, daß man aus den Röntgenaufnahmen der Beugungsbilder die Anordnung und die Abstände der Atome berechnen könne, und endlich *Debye* eine Methode gefunden hat, diese Anordnung auch aus dem Pulver des Kristalles zu erschließen (auch der Ruß erwies sich dabei als kristallinisch, nicht amorph). Wie die Theorie es schon im voraus ergeben hatte, ist jede Kristallstruktur aufgebaut aus kongruenten Raumgittern, deren es sieben Arten einfacher gibt, welche den Kristallstrukturen der sieben Kristallsysteme zugrunde liegen, nämlich die triklinen, die monoklinen, die rektangulär-parallelepipedischen, die tetragonalen, die hexagonalen, die rhomboëdrischen und die kubischen. Das regelmäßige Punktsystem eines Kristalles besteht also aus einer Ineinanderstellung mehrerer Raumgitter einer Art; im einfachsten Fall sind es deren zwei, deren eines das andere zentriert, wie beim Graphit und Wolfram; ferner können vier solche Raumgitter gesetzmäßig ineinander gestellt sein, wie es in der Struktur der Kristalle von Kupfer, Silber und Gold der Fall ist, oder acht, wie beim Diamant, bei Zinkblende und Steinsalz. Für das letztere hat *Born* nachgewiesen, daß darin keine Chlornatriummoleküle vorhanden sein können, weil dies mit dem beobachteten Wärmehalt des Salzes in Widerspruch stehen würde (s. S. 139 i. I. Bd. dieser Zeitschr.). Es steht also jetzt fest, daß für den Aufbau der Kristalle aus den Atomen nur die (unzweifelhaft elektrischen) Kräfte in Betracht kommen, mit welchen die

Atome auf andere wirken, und daß die Homogenität des Kristalles bestimmt wird durch seine räumlich-periodische Struktur. Die röntgenometrische Analyse liefert aber nun für jede Kristallart nur das regelmäßige Punktsystem, welches die mittleren Orte der Schwerpunkte der Atome bestimmt. Die Symmetrie der Kristallstruktur ist dadurch noch nicht ausreichend definiert, wie das Steinsalz und die Zinkblende beweisen, welche eine niedrigere Symmetrie besitzen als ihr Punktsystem. Letztere muß also außerdem noch bestimmt werden durch die Symmetrie und die Orientierung der Atome. Wenn diese aus einem positiven Kern und negativen Elektronen, welche in einer Ebene kreisen, beständen, wenn sie also die Gestalt flacher Ringsysteme hätten, so wäre eine kubische Symmetrie undenkbar. Vielmehr müssen alle Atome, wie das des Kohlenstoffes, räumliche Gebilde mit Polyedersymmetrie sein, welche letztere bereits auf die Kristallsymmetrie hinweist. Dementsprechend haben vor kurzem *Born* und *Landé* theoretisch nachgewiesen, daß den zu fordernden Bedingungen Atome mit harmonisch ineinander greifenden Bahnen der Elektronen genügen, z. B. solche, bei denen die Gesamtheit der acht Elektronenbahnen Würfelsymmetrie zeigt, d. h. jedem einzelnen Bahnstück *ds* 47 Bahnstücke entsprechen, welche aus dem ersten durch die zum Würfel gehörigen Deckoperationen (Drehungen und Spiegelungen) hervorgehen, ebenso solche, bei denen vier Elektronenbahnen im Tetraederverband stehen, d. h. einem Bahnstück *ds* 23 gleichwertige entsprechen.

Wenn auch noch nicht alle Beziehungen zwischen den verschiedenen physikalischen Eigenschaften, z. B. zwischen den optischen und denen der Kohäsion, vollständig aus der Elektronentheorie erklärt sind, so ist doch schwerlich jetzt mehr ein Zweifel, daß die Kräfte, welche die Orientierung und räumliche Anordnung der Atome im Kristall bedingen, die gleichen sind wie die, welche den Aufbau der Moleküle aus den Atomen bestimmen. Das Molekül entspricht aber einem Gleichgewichtszustand der Kräfte, mit welchen seine Atome aufeinander wirken; andererseits übt es auf andere Moleküle der gleichen Substanz Kräfte aus; wir wollen sie zum Unterschied von den inneren Kräften des Moleküls, den „Atomkräften“, als „Molekularkräfte“ bezeichnen, welche von ganz anderer, und zwar im allgemeinen geringerer Größenordnung sind, wie z. B. diejenigen der Kapillarität. Die Kristallisation, sei es aus einer Lösung oder aus dem Dampfzustand, muß man sich daher so vorstellen, daß die in beliebiger gegenseitiger Orientierung in ihre relative Wirkungssphäre gelangenden Moleküle Richtkräfte aufeinander ausüben, denen zufolge sie sich parallel stellen und so zum Kristallbau vereinigen, der notwendig von dem Aufbau des Moleküls abhängig ist, derart, daß die einem Molekül angehörig gewesenen Atome auch im Kristallbau benachbarte und in analoger gegenseitiger Stellung

befindliche Teile der Kristallstruktur bilden, also Gruppen von gleichartigen und ungleichartigen Atomen auch als solche im wesentlichen unverändert in den Kristallbau übergehen; dies wird bewiesen durch die Übereinstimmung der Kristallstruktur (Isomorphie) von Verbindungen, deren Moleküle eine übereinstimmende Struktur haben, durch die kristallographische Verwandtschaft von Substitutionsprodukten zyklischer Verbindungen, welche die Erhaltung der ringförmigen Bindung erweisen, besonders aber dadurch, daß die feinsten Isomeren im kristallisierten Zustand erhalten bleiben und sich beim Lösen wieder die gleichen Isomeren bilden. Wenn wir aber zur Erklärung der Kristallisation notwendig Richtkräfte, also Anisotropie der Moleküle, annehmen müssen, so ist es klar, daß der Grad dieser Anisotropie ein sehr verschiedener sein muß je nach der Art des Moleküls, sehr groß bei solchen wie Chlornatrium, Schwefelzink usw., sehr klein bei den von *E. Fischer* dargestellten Phenylmaltosazonderivaten oder den Verbindungen des Hämins mit Albuminstoffen, welche aus mehreren Tausenden von Atomen bestehen. In der Tat nimmt die Kristallisationsfähigkeit mit der Größe des Moleküls in unverkennbarer Weise ab, sie ist aber selbst bei sehr großen Molekülen namentlich dann deutlich von Null verschieden, wenn diese ein Metallatom enthalten, da solche Substanzen verhältnismäßig leichter kristallisieren, während andere nur in der Form von amorphen Gelen zu erhalten sind. Beispiele für erstere sind das Chlorophyll und der Gallenfarbstoff Bilirubin, Körper, bei denen diese Eigenschaft nur dadurch zu erklären ist, daß man annimmt, das Metallatom befinde sich in einer sehr exzentrischen Lage im Molekül. Aber auch bei den nur als Gele zu erhaltenden Stoffen, z. B. den Eiweißarten, verrät sich oft die parallele Stellung einer ausgezeichneten Richtung durch die Doppelbrechung, und dies ist wohl die einzig mögliche Erklärung der Doppelbrechung der Stärkekörner, welche eine radiale Anordnung der Hauptrichtung besitzen, ferner der doppeltbrechenden Gummi- und Eiweißarten, der Gelatine, vor allem aber der sogenannten flüssigen Kristalle, denn diese müssen, wenn sie als Tropfen erscheinen, infolge der Oberflächenspannung eine bestimmte Stellung der Moleküle, also eine radiale annehmen, während sie durch die Adhäsion an eine ebene Fläche zu paralleler Stellung, senkrecht zu jener, gezwungen werden. Wie aber die Richtkräfte den Parallelismus einer einzigen Richtung bestimmen, so können sie auch den mehrerer Richtungen, also auch einen vollständigen Parallelismus der Moleküle bedingen, und dann muß eine Gitterstruktur entstehen, wie bei den Kristallen, also als Folge davon eine Polyederform mit denselben Gesetzmäßigkeiten, nur mit dem Unterschied, daß diese Struktur eine viel geringere Stabilität besitzt, z. B. schon die Kapillarkräfte erfolgreich dagegen ankämpfen und durch die Oberflächenspannung den Pseudokristall in einen

kugelförmigen Tropfen umwandeln oder, wie bei den sogenannten Kristalloiden, Flüssigkeitsmoleküle eindringen und sie zum Aufquellen bringen können. Damit wäre wohl die einfachste Erklärung des Verhaltens von *Nägels* Kristalloiden und *Lehmans* flüssigen Kristallen gegeben. In diesem Falle würde es sich also um Dinge handeln, welche von eigentlichen Kristallen prinzipiell verschieden sind und für welche daher der Name „flüssige Kristalle“ und ebenso auch der „kristallinische Flüssigkeiten“ ungeeignet ist. Dieselben werden vielmehr richtiger, wie es schon von vielen Physikern geschieht, als anisotrope Flüssigkeiten bezeichnet. Die von *Vorländer* beobachteten polyedrischen Gebilde könnte man auch „kristalloide Flüssigkeiten“ nennen.

Nach dieser Anschauung besitzen die hierher gehörigen Substanzen in ihrer isotropen und anisotropen Phase die gleichen Moleküle, und aus dieser Voraussetzung folgen, wie *Born* nachgewiesen hat, für die Beziehungen der Brechungsindizes derselben Werte, welche mit der Erfahrung übereinstimmen, soweit nicht Anomalien, z. B. der Dichte, vorliegen, welche auf molekulare Umlagerung hindeuten. Daß es solche gibt, beweist die Existenz mehrerer anisotrop flüssiger Phasen bei einigen der von *Lehmann* und *Vorländer* untersuchten Stoffen, deren Moleküle also in verschiedenen Intervallen der Temperatur verschiedene Anordnungen annehmen, ebenso wie die Atome der kristallisierten Körper in ihren verschiedenen polymorphen Modifikationen. Es gibt jedoch unter den von *Lehmann* untersuchten Substanzen eine Anzahl, welche unzweifelhaft zu den eigentlichen Kristallen gehören, indes eine solche Deformierbarkeit zeigen, daß sie zwar nicht Tropfenform annehmen, daß ihre Teilchen aber durch äußerst geringe Kräfte eine Verschiebung erfahren, ihre Plastizität der Grenze des flüssigen Zustandes also sehr nahe kommt. Diese sind jedoch durch alle Übergänge mit Kristallen verbunden, deren Plastizität auf der Existenz sogenannter Gleitflächen beruht, d. h. Ebenen von bestimmter kristallographischer Stellung, parallel denen sich die Teilchen in gewissen Richtungen besonders leicht verschieben lassen. Diese Fähigkeit besitzen sogar sehr harte und spröde Körper, wie Korund, besonders aber weiche Kristalle, wie es die der meisten organischen Verbindungen sind, unter denen sich manche zu Spiralen verdrehen lassen und während des Wachstums durch die geringsten störenden Kräfte die abenteuerlichsten Krümmungen erfahren. Das Studium dieser Eigenschaft der Kristalle hat erst in neuester Zeit in systematischer Weise begonnen, und es ist anzunehmen, daß dasselbe dazu führen wird, einen solchen hochplastischen, aber wirklich kristallinen Zustand von dem kristalloiden unterscheiden zu lernen. Die obige Ansicht kann also als Arbeitshypothese dienen, um den wirklichen kristallinen Zustand, d. h. den Aufbau aus den Atomen, von dem aus Molekülen zusammen-

gesetzten kristalloiden Zustand scharf zu unterscheiden und damit eine jetzt soviel bestrittene Frage aufzuklären.

Die Grundlagen der Erregung und der Erregungsleitung in der lebendigen Substanz.

Von Priv.-Doz. Dr. Walter Thörner, Bonn.

I.

Mit der Frage nach den Grundlagen des Erregungsprozesses greifen wir eines der bedeutungsvollsten, aber verwickeltesten Probleme der allgemeinen Physiologie heraus. Alles, was wir an Lebensäußerungen der Organismen wahrnehmen, alles „Leben“ überhaupt, ist im weitesten Sinne Erregung, unterhalten durch die dauernd variierenden Einflüsse innerer und äußerer Faktoren, die wir die Lebensbedingungen nennen. Die Gesamtwirkung aller Lebensbedingungen ist eben das Leben. Da die *Lebensbedingungen* sich unaufhörlich ändern, so ist auch das „Leben“ kein stationärer Zustand, sondern ein kompliziert zusammengesetzter Vorgang, der aus einer unabsehbaren Zahl von Teilvorgängen besteht, die wir als *Lebensprozesse* bezeichnen, obwohl Leben erst das komplexe Ganze ist. Es ist demnach der Begriff absoluter Ruhe in einem lebendigen System (Zelle, Organ, Organismus) niemals realisiert. Wir könnten von Ruhe nur sprechen, wenn wir unendlich kleine Zeiträume betrachteten, in denen die Änderungen der Lebensbedingungen unendlich klein wären. Darum hat die allgemeine Physiologie den Begriff der Ruhe relativ gefaßt, nämlich als einen *Zustand des Gleichgewichts*, in den sich die Lebensprozesse zu den Änderungen der Lebensbedingungen setzen, wenn diese sich in gewissen Grenzen halten. Die lebendige Substanz paßt sich den jeweils herrschenden Bedingungen an.

Von diesem Zustand relativer Ruhe ausgehend bezeichnen wir als *Erregung* in engerem Sinne *jede Störung dieses Gleichgewichtszustandes*, welche in einer *Steigerung der Lebensprozesse* besteht, als Lähmung dagegen eine solche im Sinne einer Herabsetzung der Lebensprozesse. Wir bezeichnen weiter als *Reiz jede Änderung einer Lebensbedingung*, die zu einer Störung des Gleichgewichtes führt, und müssen demnach erregende und lähmende Reize unterscheiden.

Damit ein ruhendes System aus seinem Gleichgewicht gebracht werde, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein. Der Reiz, d. h. die Änderung einer Lebensbedingung muß eine gewisse Größe erreichen und das lebendige System muß reizbar, d. h. erregbar, sein. Die *Reizbarkeit* oder *Erregbarkeit* ist eine allgemeine Eigenschaft aller lebendigen Substanz, in der eben nichts anderes zum Ausdruck kommt als die Abhängigkeit der Lebensprozesse, des Lebens überhaupt, von den Lebensbedingungen. Wirkt ein Reiz längere Zeit

oder dauernd ein, so setzt sich das lebendige System mit dieser veränderten Lebensbedingung ins Gleichgewicht; der Reiz wird dann zu einer neuen Lebensbedingung, woraus wiederum erhellt, daß zwischen Reiz und Lebensbedingung kein genereller, sondern nur ein gradueller Unterschied besteht. Die Reize werden dargestellt durch Intensitätsänderungen aller der Energieformen, deren Einflüssen auch die ruhende lebende Substanz unterworfen ist: strahlende Energie (Elektrizität, Licht, strahlende Wärme), mechanische Energie (Druck, Schwere, Schall), Wärme (Wärme und Kälte), chemische und osmotische Energie. Alle diese Energieformen kommen als Reize in Betracht, ihre Wirkung zeigt aber, so verschiedenartig die Reize sein mögen, nur graduelle Unterschiede, während die Art und Form der Reaktion, der Erregung, allein bestimmt wird durch Art und Zustand des gereizten lebendigen Systems. Bei einer bestimmten Form der lebendigen Substanz haben verschiedene Reize stets einen gleichartigen Reizerfolg, der die spezifische Reaktion des betreffenden Organs darstellt. Handelt es sich ja doch nur um eine Steigerung der in demselben schon in der Ruhe ablaufenden Lebensprozesse. Ein Muskel gibt immer eine Kontraktion, eine Sinneszelle des Auges immer eine Lichtempfindung, eine Drüsenzelle stets sekretorische Vorgänge, welcher Art auch die Reizung sei. Das ist das *Gesetz von der spezifischen Erregbarkeit der lebendigen Substanz*, das eine Erweiterung darstellt des schon von *Johannes Müller* aufgefundenen Gesetzes von der spezifischen Energie der Sinnesorgane.

Damit ist aber nicht gesagt, daß nun jede beliebige Reizform auf ein bestimmtes Organ den gleichen Grad der Wirksamkeit hätte. Das Gegenteil ist der Fall. Jedes lebende System spricht auf eine besondere Art von Reizen besonders leicht an, z. B. Nerv und Muskel auf elektrische Reize, die anscheinend dem physiologischen Reiz für diese Organe nahekomen. Eine wesentliche Rolle spielt hierbei sicherlich das Verhältnis zwischen der Geschwindigkeit des Reizablaufes und des Ablaufes der Lebensprozesse des gereizten Organes. Es muß da eine gewisse Übereinstimmung herrschen zur Erzielung des günstigsten Reizerfolges. Formen mit langsamen Lebensprozessen reagieren leichter auf langsam verlaufende, solche mit schnellen dagegen besser auf schnell und steil verlaufende Reize. Viele Organe haben einen besonderen Apparat ausgebildet, um unter Fernhaltung aller übrigen nur eine Reizart in reiner und verstärkter Form zur Wirkung kommen zu lassen, wie z. B. das Auge für Licht-, das Gehörorgan für Schallwellen, die Tastzellen für Druckreize usw. In solchen Fällen spricht man von *adäquaten Reizen*.

Die zweite Bedingung, neben der Erregbarkeit, für das Zustandekommen eines Reizerfolges liegt in der Größe des Reizes. Der Reiz muß eine gewisse Größe erreichen, die gegeben ist durch das

Produkt aus Intensität und Dauer der Einwirkung, um die Reizschwelle des betreffenden lebendigen Systems zu überschreiten. Unter *Reizschwelle* versteht man die Reizgröße, bei welcher eben ein erkennbarer Reizerfolg eintritt, während schwächere Reize ohne sichtbaren Erfolg bleiben. Der Begriff der Reizschwelle muß kurz näher bestimmt werden, um einen Sinn zu erhalten. Die Reizschwelle hängt einerseits ab von der Art und Geschwindigkeit des Reizes, von dem Grad seiner Adäquatheit im Sinne des oben Gesagten, und andererseits von dem Erregbarkeitsgrade der betroffenen lebendigen Substanz, welcher sowohl bei demselben System, wie wir noch sehen werden, den verschiedensten Einflüssen unterliegt, als auch bei verschiedenen Formen lebendiger Substanz große Differenzen aufweist. Und drittens ist zu beachten, daß wir ja meist die Erregung gar nicht an dem von Reiz unmittelbar betroffenen Orte erkennen, sondern daß wir erst einen von dort fortgeleiteten und mehrfach übertragenen Reizerfolg an einem Erfolgsorgan, das uns als Indikator dient, zum Ausdruck kommen sehen. Wir bestimmen also eigentlich für dieses die Reizschwelle, während vielleicht schon schwächere Reize genügen würden, um am Reizpunkte selbst Erregungen auszulösen.

Der äußerlich wahrnehmbare Reizerfolg tritt niemals sofort im Augenblick der Reizung ein. Immer liegt eine wiederum spezifisch sehr verschieden lange Zeit zwischen dem Moment des Reizes und dem Beginn der sichtbaren Reaktion, z. B. zwischen dem Augenblick der Reizung eines Muskels oder seines Nerven und der Zuckung des Muskels. Man nennt diese Zeit die *Latenzzeit*, das Stadium der verborgenen Erregung. Ihre Dauer hängt ab von der Länge des Weges, den die Erregung vom Reizpunkte bis zum Erfolgsorgan zu durchlaufen hat; man findet daher in der Vergleichung der Latenzzeiten für verschieden lange Strecken ein Mittel zur Bestimmung der Fortleitungsgeschwindigkeit der Erregung. Die Dauer des Latenzstadiums ist ferner abhängig von dem Zustand der lebendigen Substanz, von der spezifischen Art und Geschwindigkeit der Lebensprozesse in ihr, durch welche die Geschwindigkeit des Erregungsablaufes bedingt wird. Davon werden wir noch zu sprechen haben.

Die Vorgänge, die sich in der Latenzzeit verbergen, können wir ganz allgemein in drei Folgezustände der Reizung gliedern, je nach dem Ort, an dem wir sie betrachten. Die am Reizpunkte selbst durch den Reiz ausgelöste Gleichgewichtsstörung besteht in Veränderungen, die wir als primären Reizerfolg oder primäre Erregung bezeichnen. Diese geben Veranlassung zu weiteren Störungen in den benachbarten Teilen, die sich über das ganze lebendige System räumlich ausbreiten, das ist die *Erregungsleitung* oder der sekundäre Reizerfolg. Und schließlich kann ein Erfolgsorgan in äußerlich sichtbare Erregung geraten, das uns mit dem tertiären Reizerfolg den

Ablauf des ganzen Prozesses anzeigt. Dabei kann sich der gesamte Reizvorgang sowohl auf ein einzelnes lebendiges System beschränken, wie z. B. bei direkter Muskelreizung, wie auch über mehrere Systeme nacheinander ablaufen, in dem das eine System das andere in Erregung versetzt, wie wir es z. B. von der Reizung eines Nerv-muskelpräparates oder von den Rückenmarksreflexen kennen und wie es bei den physiologischen Reizvorgängen wohl meist verwirklicht ist.

Die den einzelnen Reizerfolgen zugrunde liegenden Prozesse brauchen sich in ihrem speziellen Ablauf nicht zu gleichen. Ihnen allen gemeinsam aber ist, daß sie *Auslösungsvorgänge* darstellen, die, durch den Reiz einmal in Gang gebracht, weiterhin unabhängig von ihm automatisch ablaufen. Sie alle sind Erregungen, deren Grundprinzipien wir im folgenden darzulegen versuchen wollen.

Wir betrachten dabei zweckmäßig das Leben unter der Form des *Stoffwechsels*, den wir als grundlegenden unter allen Lebensvorgängen ansehen dürfen. Unausgesetzt zerfallen große komplexe Moleküle, die die lebendige Substanz zusammensetzen, zu kleineren Bruchstücken, und unausgesetzt werden aus frischen Materialien neue Moleküle lebendiger Substanz wieder aufgebaut. Es besteht demnach dieser Stoffumsatz aus zwei Phasen, die nach dem Prinzip der Selbststeuerung miteinander wechseln: *Dissimilation* und *Assimilation*, Zerfall und Aufbau. Die Dissimilation ein schnell verlaufender Aufspaltungsprozeß großer Moleküle, die Assimilation sich unmittelbar anschließend, aber langsamer vollendend, in welcher unter Heranführung neuer Nahrungsstoffe und unter Beseitigung der den weiteren Zerfall hemmenden Zerfallsprodukte die lebendige Substanz zum status quo ante wieder aufgebaut wird. An diesen Stoffumsatz ist unlösbar ein *Energieumsatz* gebunden, wie ja bei allen chemischen Vorgängen Energie entweder verbraucht oder frei wird. Da beim Zerfall der großen sehr locker gebundenen Moleküle zu kleinen Bruchstücken Moleküle mit festeren Bindungen entstehen, also schwache Affinitäten gelöst werden und starke sich binden, so geht die Dissimilation mit Entfaltung freier aktueller Energie einher, die an den lebendigen Systemen als Wärme, Bewegung, Licht, Elektrizität usw. zum Ausdruck kommt und deren Gesamterscheinungsformen wir als *Lebensäußerungen* zu bezeichnen pflegen. Umgekehrt vollzieht sich der Wiederaufbau neuer komplexer Moleküle, die Assimilation unter Verbrauch von Energie, die dem lebendigen System als chemische Energie in Gestalt von Nahrung, Sauerstoff, Kohlensäure, ferner als Licht und Wärme zufließt.

Unterhalten wird dieser Stoffwechsel durch die Reize der dauernd sich ändernden Lebensbedingungen. Jedoch besteht in den „ruhenden“ Systemen ein Gleichgewicht, indem in der Zeit-

einheit ebensoviel lebendige Substanz wieder aufgebaut wie zersetzt wird. Dies Gleichgewicht bleibt erhalten, solange die Schwankungen der Lebensbedingungen eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Wir sprechen von *Ruhestoffwechsel*, wenngleich, wie schon erwähnt, absolute Ruhe nirgends in der Welt der Organismen realisiert ist und einem Stillstand des Stoffwechsels gleich käme, welcher Tod bedeuten würde.

Diesem durch sein Gleichgewicht charakterisierten Ruhestoffwechsel stellen wir den *Reiz- oder Erregungsstoffwechsel*, auch *Funktionsstoffwechsel* gegenüber. Wirkt ein Reiz auf die lebendige Substanz ein in Gestalt einer größeren Änderung einer Lebensbedingung, so wird das Stoffwechselgleichgewicht gestört. Es erfolgt eine Geschwindigkeitsänderung im Ablauf seiner einzelnen Phasen. Handelt es sich um eine Beschleunigung, so nennen wir den Reizerfolg Erregung und den Reiz einen erregenden, während wir bei Verlangsamung von Lähmung und lähmendem Reiz sprechen. Da aber der Stoffumsatz aus zwei entgegengesetzt verlaufenden Phasen besteht, so kann die Reizwirkung primär an jeder einzelnen angreifen, d. h. es kann zu einer primären Beschleunigung bzw. Verlangsamung entweder der dissimilatorischen oder der assimilatorischen Vorgänge kommen, und weiterhin können wir uns vorstellen, daß beide Stoffwechselphasen gleichzeitig beeinflußt werden, entweder in gleichem oder in entgegengesetztem Sinne. Es sind demnach mehrere Möglichkeiten der Reizwirkung gegeben. Praktisch verringert sich für uns die Zahl der Fälle. Da uns nur der Vorgang der Erregung hier interessiert, wollen wir von den primär lähmenden Reizen ganz absehen, wie sie hauptsächlich von der Gruppe narкотisch wirkender Substanzen dargestellt werden.

Für die erregenden Reize ist nun bedeutsam, daß wir außer dem Reiz der Nahrungszufuhr mit Sicherheit keinen anderen kennen, welcher primär die Assimilationsprozesse steigert. Vielmehr greifen die *erregenden Reize im allgemeinen an der Dissimilationsphase an*, indem sie einen beschleunigten Zerfall lebendiger Substanz auslösen. Dem Zerfall folgt dann aber unmittelbar durch Selbststeuerung der assimilatorische Neuaufbau, die Wiederherstellung zerfallsbereiter Massen. Überschreitet aber ein primär erregender Reiz ein gewisses Maß an Dauer oder Intensität, so schlägt die Erregung in Lähmung um, indem dann die nach dem Zerfall einsetzenden Aufbauprozesse in der Zeiteinheit nicht soviel neuer Substanz wiederherstellen können, als durch die Reizung zum Zerfall gebracht wird. Beispiele hierfür finden wir in der Ermüdung durch rhythmische Reizung und in dem Übergang von Wärmeregung in Wärmelähmung, wovon noch zu sprechen sein wird. Dieser Umschlag in lähmende Wirkung ist allen primär erregenden Reizen, welche gewisse Grenzen überschreiten,

eigentümlich, eine Tatsache, die schon *A. v. Humboldt* bekannt war, der vor 140 Jahren schrieb: „Wärme im Übermaß angewandt bringt, wie jede reizende Potenz, Schwäche hervor.“

Unterziehen wir nun die bei der Erregung sich abspielenden Vorgänge einer näheren Betrachtung, so tritt uns als erste die Frage nach der *Art des chemischen Geschehens bei der Erregung* entgegen. Als Endprodukt des Erregungsstoffwechsels der aeroben Organismen erscheinen in den Ausscheidungen überwiegend Oxyde, wie Wasser, Kohlensäure und andere Säuren, also relativ einfache chemische Körper in Gestalt kleiner festgefügtter Moleküle. Da wir andererseits wissen, daß die lebendige Substanz aus sehr komplexen und hochkompliziert gebauten chemischen Körpern zusammengesetzt ist, neben Fetten und Kohlehydraten und anderem vor allem aus Eiweißmolekülen, die an ihrem Kern die verschiedensten Atomgruppen in lockeren Bindungen tragen mögen, so müssen wir annehmen, daß diese großen Moleküle es sind, an denen sich der Erregungsstoffwechsel abspielt. Sie zerfallen in der Dissimilationsphase desselben und liefern unter Einwirkung des Sauerstoffs jene als Oxyde erscheinenden Endprodukte. Gerade aus diesen letzteren aber können wir weiter schließen, daß im Erregungsstoffwechsel der *Aerobier*¹⁾ im wesentlichen nur die stickstofffreien Atomgruppen beteiligt sind, nicht der Eiweißkern. Wenigstens sehen wir in den Ausscheidungen bei Arbeitsleistung stets nur eine Vermehrung der stickstofffreien oxydierten Endprodukte, aber keine vermehrte Stickstoffausscheidung. Demgegenüber ist im Ruhestoffwechsel wohl die ganze lebendige Substanz, auch das Eiweiß, ergriffen. Darin besteht ein gewisser qualitativer Unterschied zwischen dem Reiz- oder Funktionsstoffwechsel und den Umsetzungen in der Ruhe. Der Erregungsstoffwechsel beruht eben auf einer Steigerung nicht aller, sondern nur gewisser Teilprozesse des Ruhestoffwechsels, der mit seinen übrigen Gliedern ungestört weiter abläuft.

Wir haben es also im Erregungsstoffwechsel mit einer oxydativen Aufspaltung, einer Verbrennung zu tun. Man kann den Vorgang speziell der *Dissimilation* gut mit einer Explosion vergleichen, bei welcher auch ein sehr schnell verlaufender oxydativer Zerfall ausgelöst wird. Dabei bleibt es allerdings unentschieden, ob beim Zerfall in der lebendigen Substanz schon gleich die ersten Phasen oxydativ verlaufen, oder ob anfangs eine einfache anoxydative Spaltung der Moleküle erfolgt und erst nachträglich die größeren, unvollkommenen Spaltprodukte weiter verbrannt werden. Daß anoxydative Spaltungen im Erregungsstoffwechsel möglich sind, beweisen die anaeroben Organismen, welche ohne Sauerstoff leben können oder müssen. Andererseits spricht für einen von vornherein oxydativen Zerfall bei den aeroben Lebewesen die daraus resultierende

¹⁾ Wesen, für die freier Sauerstoff unentbehrlich ist.

viel größere Energieproduktion. Jedenfalls spielt bei den Aërobiern der Sauerstoff eine gewaltige Rolle. Alle ihre Organe stellen ihren Erregungsstoffwechsel, später auch ihren Ruhestoffwechsel ein, wenn ihnen Sauerstoff fehlt, sie werden unerregbar und sterben ab.

Auch bezüglich der Energieentfaltung trifft der Vergleich mit Explosionsvorgängen zu. Wie bei diesen werden in der Zerfallsphase des Erregungsstoffwechsels infolge der Absättigung starker Affinitäten, speziell des Sauerstoffs, große Energiemengen frei. Chemische Energie wird umgewandelt in andere Energieformen, an denen wir äußerlich die Erregung erkennen. Sie treten auf, um nur einige zu nennen, als Bewegung, z. B. bei der Muskelkontraktion, als Wärme, die wir messen, als Elektrizität, die wir in Gestalt der Aktionsströme von erregten lebendigen Systemen ableiten können. An der Größe der Energieentfaltung haben wir ein Maß für die Größe der Erregung.

Nun ist aber mit dem Ablauf des Zerfalls der Erregungsprozeß keineswegs beendet. Hier läßt uns der Vergleich mit der Explosion im Stich. Schon während des Zerfalls tritt die Selbststeuerung des Stoffwechsels in Kraft, die der lebendigen Substanz eigentümlich ist. Es beginnt die Assimilation, die dann nach dem Aufhören der Dissimilation allein das Feld hat. Ihr Verlauf in der Zeit ist weniger schnell, anfangs steiler, dann immer langsamer, je näher sie der Vollendung kommt. Unter *Assimilation* fassen wir die Gesamtheit der Prozesse zusammen, die zur vollen Restitution der lebendigen Substanz führen. Es kommt da einerseits in Betracht der Wiederaufbau neuer zerfallsfähiger Moleküle aus neuen Nährmaterialien und vielleicht unter Einfügung von Sauerstoff, andererseits die auf weiterer Oxydation und auf Diffusion beruhende Beseitigung der Produkte der Zerfallsreaktionen, deren Anhäufung gemäß dem Massenwirkungsgesetz den weiteren Ablauf der Umsetzungen hemmen und zum Stillstand bringen würde.

Als Grundlage des Erregungsvorganges haben wir somit eine *zweiphasische Stoffwechselschwankung* anzunehmen, die Dissimilation, die durch den Reiz ausgelöst wird, und die Assimilation, die den status quo ante wiederherstellt. Wegen des zweiphasischen Charakters des Erregungsstoffwechsels spricht man auch von *Erregungswelle*. Die unmittelbare Folge dieses Stoffwechsels ist ein Energiewechsel, der uns in bestimmten Lebenserscheinungen die Erregung zum Ausdruck bringt.

Wir haben nun den Erregungsprozeß weiter in zweierlei Hinsicht zu betrachten: einmal seinen Ablauf in der Zeit, zweitens seinen Ablauf im Raum.

Der Ablauf in der Zeit ist gleichbedeutend mit der Geschwindigkeit, mit welcher sich die beiden Stoffwechselphasen, die Dissimilation und die Assimilation, vollziehen. Die Dauer der Erregung, die wir vom Beginn des Zerfalls bis zur vollende-

ten Restitution rechnen, ist bei verschiedenen Formen lebendiger Substanz sehr verschieden lang, sie hängt eben ab von der Geschwindigkeit der spezifischen chemischen Umsetzungen, die wiederum eine Funktion der Art der reagierenden chemischen Körper ist.

Die Gesamtdauer einer Erregung beträgt am Nerven des Frosches bei 18° C etwa 0,1 Sekunde. Sie ist bei fast allen anderen lebendigen Systemen wesentlich länger. Wie kommen wir zu solchen Zahlen, wie können wir die Schwingungsdauer einer Erregungswelle bestimmen?

Da hilft uns die sehr wichtige Erkenntnis, daß während des Bestehens einer Erregung die Erregbarkeit des betreffenden Systems für einen neuen Reiz beeinflusst ist, und zwar herabgesetzt oder gänzlich aufgehoben. Wir können daher eine Erregung, gesetzt durch einen ersten Reiz, erst dann als vollständig abgeklungen ansehen, wenn ein folgender zweiter Reiz wieder normal wirksam ist, wieder eine maximale Erregung auslöst. Lassen wir die Reize schneller aufeinander folgen, so werden die Erregungen immer kleiner, und wir erhalten die noch zu besprechenden Erscheinungen der Ermüdung. Demnach entsprechen die zeitlichen Abstände der Reize, bei denen eben keine Ermüdung mehr eintritt, der Dauer der einzelnen Erregung.

Besprechungen.

Müller, Alois, Die Referenzflächen des Himmels und der Gestirne. Die Wissenschaft Bd. 62. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1918. VIII, 162 S. und 20 Abbild. Preis geh. M. 5,60, geb. M. 7,60.

Die Theorien des Raumsehens kann man prinzipiell in synthetische-erklärende und in analytische-beschreibende scheiden; jene wollen die Raumvorstellungen aus einer Synthese ursprünglich gegebener, d. h. als solche hypothetisch angenommener einfachster Empfindungen hervorgehen lassen, diese verstehen sie als Produkte einer Differenzierung der ursprünglich gegebenen sinnlichen Wahrnehmungsinhalte in ihren Beziehungen zu den Reizen. Als wichtigstes Problem behandelt jede Theorie des Raumsehens das Verhältnis des Sehraumes zum wirklichen Raume bzw. das Verhältnis des Vorstellungsraumes zu dem begrifflichen objektiven Raume. Die synthetischen Theorien suchen entsprechend ihrer allgemeinen erkenntnistheoretischen bzw. metaphysischen Orientierung bezüglich der Natur des „Gegebenen“ und bezüglich des Wesens der Erkenntnis und ihres Zieles diese Probleme entweder auf dogmatisch-realistischer oder auf idealistischer Grundlage zu lösen. Im ersteren Falle sind entweder der objektive Raum selbst oder räumliche Verhältnisse als Realitäten gegeben. Der Wahrnehmungsprozeß ist dann im Prinzip ein Abbildungsprozeß, die Erscheinungen haben eine besondere Realität im Bewußtsein und ihrem Ursprung gemäß ihre besonderen Strukturgesetze. Im zweiten Falle sind die Raumvorstellungen besondere Akte des Subjekts, sogenannte Objektivationen oder Projektionen; ihr Zusammenhang ist ein gesetzmäßig konstruktiver. In beiden Fällen handelt es sich m. E. um Theoriebildungen, die den beobachtbaren Tatsachen nicht gerecht werden können.

Zur Beurteilung des Buches von Müller, das in der Theorie der Referenzflächen (Rfln) eine Seite des Problems vom Verhältnis des Sehraumes zu dem wirklichen Raume behandelt, ist es wichtig zu wissen, unter welche der drei genannten Theoriebildungen es einzuordnen ist. Als ein Mangel ist es zu bezeichnen, daß der Verfasser selbst sich nicht genauer über die erkenntnistheoretische Orientierung und Voraussetzung seiner Theorie ausgesprochen hat. Doch kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die Erörterungen Müllers sich in der Richtung einer realistischen Theorie bewegen.

Im Widerspruch dazu steht es freilich und zugleich falsche Erwartungen erweckend ist es, wenn der Verfasser gleich zu Anfang seine Untersuchungen als ins Gebiet der Psychologie gehörig bezeichnet, wenn er in durchaus sicherer Weise die Sehdinge von den wirklichen Dingen, die Sehgrößen von den wirklichen Größen, den Urteilsgrößen, unterscheidet, wenn er den Begriff der Rfl mit Nachdruck als einen Deskriptionsbegriff bezeichnet, der nur zur vollständigen und systematischen Beschreibung der Tatsachen diene. Wie hier finden sich auch sonst Zwiespältigkeiten, z. B. ganz heterogene Betrachtungsweisen, biologische, reflexionspsychologische, phänomenologische, realistische, treffend kritische, dann wieder dogmatische in einem etwas unverträglichen Nebeneinander.

Ganz allgemein gesagt beschäftigt sich der Verfasser mit dem Himmelsgewölbe, der Sonne, dem Monde, den Sternbildern als Sehdingen; er will diese Dinge studieren, wie wir sie sehen, nicht wie wir sie schätzen oder wie sie in Wirklichkeit sind (S. 1). Der Verfasser verfolgt als seine Aufgabe (S. 4) die Bestimmung der Referenzflächen des Himmels und der Gestirne und die Angabe der Bedingungen, unter denen sie zustande kommen. Schon in der Definition der Rfl (S. 3) zeigt sich die erwähnte Zwiespältigkeit: einerseits wird die Rfl (nämlich die des Himmels) als ein Sehding, andererseits (nämlich die der Gestirne) als eine reine mathematische gedankliche Konstruktion bezeichnet. Als ein Sehding ist die Rfl des blauen Himmels, des Wolkenhimmels aufzufassen, wenn sie als das Stück der Fläche des Himmelsgewölbes definiert wird, das durch die Horizontalebene des Beobachters abgeschnitten wird (wovon?). Ein Gedankending ist demgegenüber die Rfl der Gestirne, wenn sie als der geometrische Ort der einzelnen Sehdinge (Sonne, Mond, Sternbilder) gemäß ihrer scheinbaren Größe und Entfernung oder als die geometrische Deutung der funktionalen Beziehung zwischen Sehgröße und Höhe bezeichnet wird (S. 61). An dieser Stelle S. 61 betont der V. nachdrücklich, daß die Rfl nicht anschaulich gegeben sei, sie werde nicht empfunden und auch nicht vorgestellt. Bezüglich der Fläche des blauen Himmels dürfte diese zweite Definition nicht zutreffend sein, da das Himmelsgewölbe anschaulich vorgestellt wird, eben ein Sehding ist.

Es ist nicht zu verkennen, daß der Verfasser, gestützt auf eine überaus umfangreiche Literatur, die Beobachtungsdaten von Reimann, v. Sicherer, Figeo, Al. Müller, Ernst, Nijland, Bourdon, v. Sterneck, Fielehne, Pozdena, Stroobant, Deichmüller, Brenke in vorsichtig kritischer Weise, zugleich in wohlthuend knapper Form verarbeitet hat. Vor allem entgehen ihm nicht die Schwächen und Fehler der Sterneckschen Theorie der Rfln¹⁾. Der Verfasser ist aber dadurch

doch nicht verhindert, den Begriff der Rfl in Anlehnung an Sterneck, ja sogar in ähnlich realistischem Sinne wie Sterneck zu gebrauchen.

Durch diese Anlehnung an Sterneck ist es wohl einerseits bedingt, daß der Verfasser kein einziges Wort zur Rechtfertigung des Begriffs der Rfl sagt. In dogmatischer Weise wird vielmehr vorausgesetzt, daß der Begriff einen Erkenntniswert besitze, daß speziell die Rfln Rotationsflächen seien usw.

Andererseits ist jene Anlehnung an Sterneck nur möglich bei grundsätzlicher Übereinstimmung in der realistischen Auffassung vom Verhältnis des Sehraumes zum wirklichen Raume. Bei Sterneck besitzt ja der wirkliche Raum eine objektive Existenz, weshalb er auch als der wahre Raum bezeichnet wird. Der Sehraum ist danach eine reliefperspektivische Abbildung des wahren euklidischen Raumes in sich selbst. Aus diesem Sachverhalt folgen bei Sterneck alle jene Annahmen, an die der Begriff der Rfl notwendigerweise gebunden ist; also die Annahmen,

1. daß die Sehdinge eindeutig quantifizierbar seien,
2. daß das „Sehwinkelgesetz“ in seinen verschiedenen Formen der funktionelle Ausdruck der Beziehungen zwischen Sehding, seiner Sehgröße, seiner Sehfierne, seiner wirklichen Größe und wirklichen Entfernung sei,
3. daß sich aus den Sehgrößen diskreter Sehdinge und aus ihren Sehfiernen die sog. Rfln als Rotationsflächen berechnen ließen.

Der Verfasser bestreitet zwar (S. 127) die Gültigkeit der von Sterneck angegebenen Transformation, der gemäß die Abbildung des wahren Raumes auf den Sehraum sich vollziehen soll; er bestreitet aber nicht die realistische Annahme, daß eben der Sehraum die Abbildung des wahren Raumes sei. Im Gegenteil, der Verfasser sucht in dem zweiten Teile seiner Schrift nach den (objektiven) Faktoren, welche die Rfln als gedankliche Abbildungen wirklicher Verhältnisse oder als Abweichungen gewisser idealer Formen bewirken sollen. Daher macht der Verfasser auch mit Sterneck die genannten nicht weiter begründeten Voraussetzungen bei der Bestimmung der Rfln; nämlich (S. 46, 47):

1. daß die Sehgrößen des Durchmessers der Sonne, des Mondes, der Sternabstände zahlenmäßig einwandfrei für verschiedene Höhen ausgedrückt werden könnten;

2. daß die Gleichung $q = \frac{s}{2 \tan \frac{\gamma}{2}}$ (q = scheinbare

Entfernung, s = Sehgröße, γ = Sehwinkel) sowie die daraus ableitbaren Formeln gültig seien; diese Formeln sollen nicht nur für die Verhältnisse der Sehdinge unter einander, sondern für die Beziehungen der Sehdinge zu den wirklichen Dingen gelten, z. B. die Formel $q_1 \cdot \gamma_1 = q_2 \cdot \gamma_2$ ($s_1 = s_2$);

3. daß die Rfln mathematisch berechenbare Rotationsflächen seien.

Die Berechtigung dieser drei Annahmen bestreite ich. Weder eine absolute noch eine relative Quantifizierung der Sehdinge dürfte auch nur annähernd befriedigend durchführbar sein. Tatsache ist nur, daß der Eindruck der Sehgröße ein durchaus unmittelbarer ist und in dieser seiner Unmittelbarkeit wenig oder gar nicht durch die Erfahrung, durch Assoziationen u. dergl. bestimmt zu sein scheint. Dies hat schon Martius, von dem die erste hierhergehörige Unter-

¹⁾ v. Sterneck, Der Sehraum auf Grund der Erfahrung, Leipzig 1907.

suchung stammt¹⁾, dahingehend ausgesprochen, daß der Eindruck der Sehgröße empfindungsmäßig gegeben sei. Damit ist aber noch nicht gesagt, daß die Sehgrößen auch in irgend einem Maße exakt gemessen werden können. Ohne Zweifel steht die Sehgröße in einer Beziehung zu der Sehferne. Doch ist dieser Zusammenhang bisher nicht klangestellt. Eindeutig, wie er durch

die Formel $q = \frac{s}{2 \tan \frac{\gamma}{2}}$ gefordert wird, ist er jeden-

falls nicht. Dem stehen z. B. Beobachtungen entgegen, denen zufolge die Sehgröße von dem Beschauer sich nähernden Objekten bis zu einer gewissen maximalen Größe wächst, dann ziemlich unverändert bleibt, um bei noch weiterer Annäherung wieder abzunehmen, und umgekehrt. Es mag hier auch darauf hingewiesen werden, daß die Sehgröße eines und desselben Dinges, wie seine Sehferne eine sehr verschiedene ist, je nachdem es binokular oder monokular betrachtet wird.

Die Vorstellung der Sehgröße kann sehr deutlich sein, und doch kann gleichzeitig die Vorstellung der zugehörigen Sehferne eine überaus unbestimmte sein. Besonders gilt dies für monokulare Betrachtung. Hier fehlt in den experimentellen Untersuchungen sehr häufig jede Vorstellung von der Größe der scheinbaren Entfernung; die Sehdinge werden in irgend einer Entfernung gesehen. Die Aufforderung, diese Entfernung näher anzugeben, versetzt die Versuchspersonen fast durchweg in die größte Verlegenheit; wenn sie nicht auf Schätzungen verfallen, so sehen sie sich außerstande, nähere Angaben zu machen. Daher ist die Gültigkeit der obigen Formel für monokulares Sehen entschieden zu bestreiten. Eindeutig, wie es die Formel verlangt, ist das monokulare Tiefensehen in erfahrungsfreien Räumen jedenfalls nicht.

So stellten z. B. 4 monokular betrachtete Vpn 8 verschiedenen große und verschieden helle Scheiben, die in einem Gesichtsfelde von ca. 30° Weite sichtbar waren, in bezug auf gleiche Sehgröße in der aus folgender Tabelle ersichtlichen Weise ein:

Tabelle 1.

Scheibe	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchmesser cm	14	14	14	20	20	20	20	27
Helligkeit	dunkel	mittel	weiß	dunkel	halb-dunkel	hellgrau	weiß	weiß
1. Wirkliche Entfernung	340	352	340	538	542	514	526	688
Scheinbare Entfernung	zwischen 300 und 440							
2. Wirkliche Entfernung	352	364	361	526	518	518	531	687
Scheinbare Entfernung	zuerst alle in einer Ebene							
3. Wirkliche Entfernung	352	358	344	507	522	510	526	694
Scheinbare Entfernung	alle ziemlich in einer Ebene, die 300, aber auch 800 weit weg sein kann							
4. Wirkliche Entfernung	352	346	340	490	501	503	512	688
Scheinbare Entfernung	alle in einer 200 oder weniger weit entfernten Ebene							

Bei manchen Vpn trat im Laufe des Versuches eine Tiefenverschiebung der Scheiben in dem Sinne ein, daß die helleren Scheiben Nr. 3, 6, 7, 8 in größerer Nähe, die dunkleren aber in größerer Ferne gesehen wurden; dies z. B. auch bei der auf dem linken Auge seit Jahren erblindeten Vp 1.

Sterneck behauptet (S. 6) geradezu, daß das „Sehwinkelgesetz“ und die Folgerungen daraus für ein bloß monokular sehendes Individuum ebenso gelten, wie für

¹⁾ Martius, G., Über die scheinbare Größe der Gegenstände und ihre Beziehung zur Größe der Netzhautbilder. Wundts Philos. Stud. 5 (601), 1889.

ein binokular sehendes. Ebenso behandelt der Verf. das monokulare und das binokulare Sehen (S. 68, 69) bei der Bestimmung der Sehgröße der Sonne offenbar als gleichartig.

Aber auch für das binokulare Sehen ist das Sehwinkelgesetz zu bestreiten. Allerdings soll es nur für bestimmte Bereiche, deren Grenzen sich noch nicht genau abstecken lassen, gelten. In diesen Bereichen sollen sich aber die tatsächlichen Verhältnisse im Sehraum und ihre Beziehungen zum wirklichen Raum

durch die Formel $q = \frac{s}{2 \tan \frac{\gamma}{2}}$ und die aus ihr ab-

leitbaren Formeln (bei Müller Nr. 26, 27), also vor allem durch die Gleichung $q_1 \cdot \gamma_1 = q_2 \cdot \gamma_2$ beschreiben lassen. Müller identifiziert diese Gleichung zu Unrecht mit dem bekannten Hillebrandschen Hauptsatz; denn in diesem handelt es sich um eine Beziehung zwischen Unterschieden der Gesichtswinkel und Unterschieden der scheinbaren Entfernungen; auch sind hier die scheinbaren Entfernungsunterschiede nicht durch die Differenz der scheinbaren Entfernungen q , sondern durch die Disparation gemessen. Für den Bereich zwischen 4 m und 12 m wirklicher Entfernung der Objekte sollen die erwähnten Formeln jedenfalls (nach Sterneck) gelten.

Dem stelle ich wiederum die Ergebnisse eines Versuches (statt vieler) mit den obigen Scheiben entgegen. Die 4 Vpn hatten die Aufgabe, die 8 Scheiben bei binokularer Betrachtung auf Gleichheit ihrer Sehgrößen einzustellen. Die Scheibe Nr. 8 blieb von Anfang an in der angegebenen Entfernung; die anderen Scheiben wurden nach ihr eingestellt. Die Tabelle 2 gibt darüber Aufschluß.

Schon aus diesen Einstellungen vier verschiedener Vpn geht hervor, 1. daß die Scheiben derselben Gruppe, also Scheiben mit gleichem objektiven Durchmesser in sehr großen Spielräumen ihrer objektiven Entfernungen eingestellt wurden, 2. daß die Sehgröße objektiv

Tabelle 2.

Scheibe	Gruppe 1			Gruppe 2				Gruppe 3 8
	1	2	3	4	5	6	7	
1. Wirl. Entf.	362	375	375	560	563	572	598	857
2. " "	213	245	233	452	420	463	512	859
3. " "	167	175	189	388	419	426	488	931
4. " "	61	87	103	295	305	376	433	952

gleich großer Scheiben wesentlich von der Helligkeit der Scheiben abhing; ein Umstand, der in der Formel

$$\varphi = \frac{s}{2 \tan \frac{\gamma}{2}}$$

keine Berücksichtigung findet.

Übereinstimmend wurde nun von den obigen Vpn wie von andern angegeben, daß Scheibe Nr. 8 mit den Scheiben der zweiten Gruppe annähernd in gleicher Tiefe stehe, daß sie eben zur Gruppe 2 — diese wurde deutlich als zusammengehörige Gruppe aufgefaßt — gehöre, gleiche Entfernung wie Scheibe Nr. 7 habe, obwohl der objektive Tiefenunterschied zwischen Scheibe Nr. 8 und den Scheiben der Gruppe 2 5 m und mehr betrug. Vp 3 sagte aus, Scheibe Nr. 8 stehe so zwischen den Scheiben der Gruppe 2, wie Gegenstände (die Sonne) am Horizont, die sich ineinander schieben.

Wurde nun aber die Scheibe Nr. 8 allein heller beleuchtet, während die Vp beobachtete, so traten unter den Scheiben bzw. den Gruppen die merkwürdigsten Tiefenverschiebungen ein. Übereinstimmend wurde gesehen, daß Scheibe Nr. 8 sich aus Gruppe 2 löste, in merklich größere Tiefe zurückging und größer wurde. Zugleich rückte Gruppe 1 näher an Gruppe 2; die Scheiben dieser Gruppen wurden sogar binokular bisweilen alle in der gleichen Ebene stehend gesehen. Umgekehrt reihte sich bei Verminderung der erhöhten Helligkeit auf die frühere Helligkeit die Scheibe Nr. 8 wieder in Gruppe 2 ein, der Gruppenabstand zwischen 1 und 2 vergrößerte sich dadurch, daß Gruppe 1 wieder nach vorne ging.

Diese Erscheinungen einer Tiefendifferenzierung der Sehdingsschichten auf Grund bestimmter Bedingungen sind dadurch bedeutsam, daß sie in den Erscheinungen am Himmel ein Analogon besitzen. Wenn nämlich der Mond am bewölkten Himmel gesehen wird, so daß er bisweilen hell leuchtend in Wolkenlöchern erscheint, bisweilen aber mehr und mehr von den vorüberziehenden Wolken bedeckt wird, so ist deutlich zu sehen, daß der unbedeckte hell leuchtende Mond weit hinter den Wolken steht, daß er aber mit zunehmender Bedeckung mehr und mehr in die Fläche der Wolken nach vorne geht, wobei sich fortgesetzt seine Sehgröße verringert. Wird er dann wieder von den Wolken freigegeben, so tritt er weit hinter sie zurück und seine Sehgröße nimmt zu.

Die Müller-Sterneckschen Formeln und Voraussetzungen dürften zur Beschreibung dieser und vieler ähnlicher Erscheinungen nicht mehr geeignet sein. Eine solche erscheint nur möglich, wenn wir ausschließlich in der Sphäre der Sehdinge bleiben und nicht aus ihr in den objektiven Raum heraustreten. Der Umstand, daß die Sehdinge sich einerseits in bestimmte Sehdingsschichten einordnen, in hohem Grade bei monokularer Betrachtung, daß andererseits wiederum unter gewissen Bedingungen subjektiver und objektiver Art eine Tiefendifferenzierung der Sehdingsschichten sowohl untereinander wie einzelner Sehdingsschichten stattfindet, dürfte sehr zugunsten einer analytischen Theorie des Raumsehens sprechen.

Zugleich erhält aus den mitgeteilten Beobachtungen, daß sowohl *Sternecks* wie des Verf. quantitative Bestimmung der Sehgröße der Sonne mit Hilfe trüber Medien (dunkler Gläser oder Wolken) zumal bei monokularer Betrachtung von Sonne und Vergleichsgröße geradezu falsch ist, da die Sehgröße durch das Medium geändert wird.

Was nun die Rfl selbst betrifft, so ist deren Definition, wie oben schon bemerkt, zunächst keine eindeutige. Eine Berechtigung zur Ausbildung des Begriffs Referenzfläche ist angesichts der Unmöglichkeit

der Quantifikation der Sehdinge und der Ungültigkeit der Müller-Sterneckschen Formeln nicht gegeben; eine Berechnung gar der Rfl aus einzelnen diskreten, am Ende von verschiedenen Beobachtern gelieferten Beobachtungen dürfte in Fragen der Sehdinge verfehlt sein; sie entspringt einer physikalischen und nicht einer psychologischen Betrachtungsweise. Reflexionspsychologische realistische Erwägungen sind hierbei wie bei der Annahme, daß die Rfln Rotationsflächen seien, maßgebend. Der Verf. behandelt die Rfln deshalb ohne weiteres als Rotationsflächen, weil er in ihnen Abweichungen von gewissen idealen Rotationsflächen sieht. Eine solche Idealform soll z. B. (S. 110) bei der Rfl des blauen Himmels die Halbkugel sein, „denn es gibt keinen physikalischen Grund, weshalb wir bei klarem Himmel in der einen Richtung weiter sehen sollten als in der anderen“. „Dagegen kann die ideale Rfl des Wolkenhimmels, vorausgesetzt, daß die Wolkendecke der Erdoberfläche parallel ist, mit genügender Annäherung als Kugelkappe aufgefaßt werden.“

Tatsächlich erscheint weder die Fläche des Taghimmels als Sehding in der Form einer Rotationsfläche noch die des Nachthimmels, vor allem nicht bei fixiertem Blick. Sie erscheinen überhaupt nicht als solche gleichmäßig entfernte Flächen, wie das bei Flächen 2. O. der Fall sein müßte. Die scheinbaren Tiefenerstreckungen der einzelnen Partien dieser Flächen sind vielmehr überaus schwankend, in erster Linie hängen sie von der Art der Beachtung ab. Ganz besonders ist dies bezüglich der Tiefenlage der Sterne festzustellen. Die Sehferne der Sterne hängt in hohem Maße von der Helligkeit, von dem Umfang und der Richtung der Auffassung ab; es lassen sich hier dieselben Umkehrungen der Erscheinungen beobachten, die von der Betrachtung der Konturenzeichnungen oder Matrizen und dergl. her bekannt sind.

Aber auch prinzipiell ist es nicht angängig, die Erscheinungsformen der Sehdinge als durch bestimmte (äußere) Faktoren bewirkte Abweichungen von gewissen Idealformen aufzufassen; hierin kommt besonders deutlich der realistisch-synthetische Charakter der Müllerschen Theorie des Sehens zum Ausdruck. Diese Theorie besagt, daß die Raumvorstellung die synthetische Wirkung einzelner objektiver Faktoren sei. Eine bestimmte Raumvorstellung wäre dann durch das Vorherrschen des einen oder anderen Faktors bewirkt. Im Prinzip muß dann jeder einzelne Faktor für sich schon eine Raumvorstellung bewirken können. Der Verf. sucht nach diesen Faktoren, und zwar glaubt er vor allen Faktoren finden zu können, von denen die Art der Rfl, dann auch solche, von denen die sog. Charakteristik der Rfl bewirkt sei. In welcher Weise durch solche Faktoren die jeweiligen Raumvorstellungen tatsächlich bewirkt werden, darüber spricht sich der Verf. nicht aus.

Nichts zeigen demgegenüber die experimentellen Untersuchungen über das Raumsehen m. E. deutlicher, als daß man das Sehen durchaus nicht in der auch Müller vorschwebenden synthetischen Weise auffassen darf. Von keinem der vom Verf. und anderen, z. B. von Wundt behaupteten maßgebenden Faktoren, wie Blickbewegungen, Konvergenzempfindungen, Eindringlichkeit der Wahrnehmungsinhalte kann gesagt werden, daß er für sich schon das Raumsehen irgendwie bewirke. Ja man kann von manchen der in diesem Zusammenhang genannten Faktoren nachweisen, daß sie für das Zustandekommen der besonderen Raumvorstellungen recht bedeutungslos sind. Auf synthetischem Wege kommen wir hier nicht weiter.

Nun will aber der Verf. den Begriff der Rfl. anscheinend gar nicht in diesem synthetischen Sinne gebraucht wissen; sein Charakter soll gerade darin bestehen, daß er ein Deskriptionsbegriff sei. Ganz abgesehen davon nun, daß — wie gezeigt — die Voraussetzungen zur Bildung und Anwendung des Begriffes realistischer Art sind, muß die Frage erhoben werden, ob überhaupt in einem solchen mathematisch konstruierten Zusammenhang der Sehdinge eine zureichende Beschreibung im Sinne der Psychologie zu sehen ist. Der Verf. stellt sich diese Frage nicht. Sie muß aber um so ernster aufgeworfen werden, als in der neueren psychologischen Literatur wiederholt ähnliche Versuche, durch mathematische Theorien den Zusammenhang der Sehdinge zu beschreiben, gemacht sind. Verbergen sich doch hinter jener Frage die allgemeineren Fragen, ob z. B. zwischen den Erscheinungen Strukturzusammenhänge bestehen, die eine Bewußtseinsrealität ganz unabhängig von ihrem Aufgefaßtwerden besitzen, die durch mathematische Formeln beschrieben werden können, oder ob nicht Psychologie überhaupt eine naturwissenschaftliche Disziplin ist, und daher mathematische Behandlung ihrer Objekte ebenso möglich wie erwünscht ist. M. E. sind beide Fragen zu verneinen. Mathematisch darstellbare Zusammenhänge der Vorstellungen gibt es nicht, weil die Vorstellungen weder eine eigene Bewußtseinsrealität noch eine Eigengesetzlichkeit besitzen. Vielmehr erweisen sich die Raumvorstellungen einerseits immer wieder als viel verwickelter als man in den mathematisierenden Theorien anzunehmen geneigt ist, andererseits ohne Zweifel als von der seelischen Gesamtentwicklung in mathematisch nicht erfaßbarer Weise abhängig. Zum Belege möge hier kurz an die von *Burmester*¹⁾ aufgestellte mathematische Theorie der Gestalttäuschungen erinnert werden dürfen, da sie der Müller-Sterneckschen Theorie recht verwandt erscheint.

Burmester will einerseits, ganz ähnlich wie *Sterneck*, auch ziemlich zu gleicher Zeit, die Erscheinungen sogenannter optischer Täuschungen, die sich beim Betrachten wirklicher Objekte (Machsches Kartenblatt, Drahtwürfel, Matrizen) als Umkehrungen dieser einstellen, in eine involutorische reliefperspektivische Beziehung zu den wirklichen Objekten bringen; andererseits glaubt er durch eine solche mathematische Theorie den Zusammenhang der Erscheinungen selbst, wie auch *Müller* es will, am einfachsten beschreiben zu können. Wenn *Müller* gleich in seinem Vorwort sagt: „Was wir an erster Stelle nötig haben, sind Zahlen. Zahlen und immer wieder Zahlen“, so stimmt damit *Burmester* überein, wenn er im Anschluß an *Robert Mayer* betont, es sei in erster Linie Aufgabe, die „Erscheinungen kennen“ zu lernen, darunter aber im Sinne *Rob. Mayers* die Gewinnung von Zahlen als der Fundamente einer exakten Forschung (*Rob. Mayer* spricht nur von *Naturforschung*) versteht.

Leicht läßt sich zeigen, daß die von *Burmester* angenommene involutorische reliefperspektivische Beziehung nicht besteht, da bei der Umkehrung objektive Geraden sehr wohl in krumme Linien, objektive Ebenen in gekrümmte Flächen übergehen können. Vor allem widersprechen der Burmesterschen Theorie auch die von mir an anderer Stelle zu beschreibenden Erscheinungen der teilweisen Umkehrungen. Die Theorie ist falsch.

¹⁾ *Burmester*, Theorie der geometrisch-optischen Gestalttäuschungen. Z. f. Psychol., 1. Abt., Band 41 (1906), Band 50 (1909).

Meines Erachtens haben wir in der Psychologie der Wahrnehmung nicht Zahlen und immer wieder Zahlen nötig, sondern vorurteilsfreie Beschreibungen der Erscheinungen und ihrer Veränderungen, unter steter Bezugnahme auf die Bedingungen, also Analysen und immer wieder Analysen.

J. Wittmann, Kiel.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Zusammensetzung des Atomkerns. Bekanntlich gilt der Atomkern, der die Atommasse trägt, auch als Sitz der radioaktiven Eigenschaften. Man findet, daß in einem Atom, das ein α -Teilchen verloren hat (also um ein He-Gewicht [4] leichter wurde), die positive Ladung des Kerns (Stellungszahl N im periodischen System) um zwei Einheiten (N des He = 2) heruntergegangen ist, und daß sie ebenso, wenn es ein β -Elektron mit seiner einfach negativen Ladung verliert, um eine Einheit heraufrückt. Es war ferner schon vor langer Zeit (*Rydberg* 1892) aufgefallen, daß im Anfang des periodischen Systems lange Reihen von Elementen sich finden, die sich in der Stellenzahl um 2, im Atomgewicht um 4 Einheiten unterscheiden. Sie verhalten sich also genau so, als seien sie durch Hinzufügung von He-Kernen ($N = 2$, $A = 4$) auseinander aufgebaut.

Im zweiten Juniheft der *Physikalischen Zeitschrift* d. J. untersucht nun *W. Kossel* einige Folgerungen aus der Annahme, daß die Atomkerne ganz oder ganz überwiegend aus He-Kernen aufgebaut seien. Die Elemente höheren Atomgewichtes, die nicht mehr einfach nach He-Einheiten fortschreiten, sollen danach Gemische aus einfach zusammengesetzten Anteilen sein, die verschiedene Zahlen von He-Kernen enthalten, durch Zufügung von Elektronen aber auf gleiche Kernladung (Stellenzahl) gebracht sind. Die Existenz von Gemischen „isotoper“ Elemente verschiedenen Atomgewichtes und das Vorhandensein von Elektronen (β -Teilchen) im Kern ist ja bekanntlich in der Radioaktivität längst nachgewiesen.

Es werden zwei Folgerungen gezogen.

Erstens wird die Elektronenzahl in den Kernen sämtlicher bekannter Elemente berechnet. Sie steigt regelmäßig mit dem Atomgewicht an: je mehr He-Kerne sich also zu einem schwereren Kern zusammengefunden haben, desto mehr Elektronen zieht dieser an sich. Man erhält den Eindruck, als bedürfe die Ansammlung so vieler positiver Ladungen eines entsprechenden Kittes aus negativen, um zusammenzuhalten. — Das Hg-Atom beispielsweise, das 200 Einheiten wiegt, demnach 50 He-Kerne mit einer Gesamtladung von 100 Einheiten in sich vereinigt, nimmt die 80. Stelle im periodischen System ein, zeigt also nur die Gesamtladung 80 und hat demnach 20 Elektronen ins Kerninnere aufgenommen. — Bemerkenswert ist, daß die Elektronen im Kern paarweise gebunden zu sein scheinen: schon bei den radioaktiven Vorgängen war aufgefallen, daß stets 2 β -Abgaben rasch aufeinander folgen, und hier zeigt sich, daß Elektronenzahlen von 2, 6, 12 durch Häufigkeit hervortreten, daß diese Vielfachen von 2 also offenbar besonders stabilen Zuständen entsprechen.

Als zweite Folgerung bespricht *Kossel* die Frage, ob die Geschwindigkeit des radioaktiven Zerfalls einen Zusammenhang mit dem so gefundenen Elektronengehalt des Kerns zeigt. In der Tat findet sich ein Zusammenhang zwischen Elektronengehalt und Zer-

fallsgeschwindigkeit innerhalb der einzelnen Gruppen isotoper Elemente: je mehr Elektronen ein Kern enthält, desto rascher gibt er sie ab (desto höher ist die Zerfallskonstante seines β -Zerfalls), je weniger er enthält, desto mehr neigt er dazu, He-Kerne abzugeben (desto höher ist die Zerfallskonstante seines α -Zerfalls), wodurch der relative Elektronengehalt wieder steigt. Hiernach muß daran gedacht werden, daß statistische Vorgänge auch innerhalb des Atomkerns eine Rolle spielen.

In der ungeraden Reihe enthalten die Atome einen Bestandteil, der nicht He sein kann; er wiegt meist 3 Einheiten, bei Stickstoff 2 Einheiten. Der Verfasser vernachlässigt diesen Zusatz, der den höheren Atomgewichten gegenüber verschwindet, und läßt seine Zusammensetzung offen. Bekanntlich hat nun *Rutherford* vor kurzem aus dem N-Kern Wasserstoffkerne abgespalten. Dabei handelt es sich offenbar um den kleinen Zusatzbestandteil. Aus den benachbarten Elementen Kohlenstoff und Sauerstoff, die rein aus He bestehen sollen, konnte *Rutherford* keinen Wasserstoff erhalten.

Kossel.

Der 72-zöllige Reflektor des Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, Canada, ist im Lauf des Jahres 1918 in Betrieb gesetzt worden. Er soll hauptsächlich spektrographischen Forschungen dienen. *Plaskett* gibt im Maiheft des *Astrophysical Journal* eine mit Aufnahmen versehene Beschreibung des Instrumentes mit dem Sternspektrographen. Der Durchmesser des Spiegels ist 184,5 cm, seine Brennweite 918 cm. Der Reflektor wird in der ursprünglichen Cassegrainform (mit durchloctem Hauptspiegel) benutzt. Der konvexe Cassegrainspiegel hat einen Durchmesser von 51 cm und liegt 218 cm innerhalb des Hauptfokus des großen Spiegels. Die Äquivalentbrennweite des Systems beträgt 3292 cm. Die Optik von *Brashear* und besonders die Montierung von *Warner* und *Swasey* sind nach dem Urteil *Plasketts* zur vollen Zufriedenheit ausgefallen. Die Art der Montierung ist die modifizierte englische, wie sie *W. W. Campbell* dem Crobleyreflektor der Licksternwarte gegeben hat (Newcomb-Engelmann, 5. Auflage, Fig. 58). Im übrigen sind, die Einrichtungen ähnlich denen, wie sie auch in Deutschland den großen Instrumenten der letzten Jahre gegeben sind. Der Spektrograph ist ein Universalspektrograph für wahlweise Benutzung von 1 bis 3 Prismen. Er ist am unteren Ende des Tubus in der Mitte angebracht und hängt, wie bei den neueren Spektrographen üblich, als ein in sich abgeschlossenes Instrument in einem Traggerüst, damit so jede schädliche Biegung möglichst vermieden werde. Die Prismen haben eine Kantenhöhe von 63 mm und sind nicht, wie sonst gewöhnlich, aus dem Jenaer schweren Flint O 102, sondern aus dem violettdurchlässigeren Fernrohrflint O 118 hergestellt. Diese Wahl war das Ergebnis eingehender Versuche und Berechnungen. Die Dispersion von O 118 in dem in Betracht kommenden Spektralbereich ist nur 25 % geringer als die von O 102, die Absorption bei λ 4000 aber höchstens die Hälfte. Messungen an Linien ließen sich mit einem Prisma noch bis λ 3655 ausführen. Als Minimum der Ablenkung wurde dementsprechend eine weiter als gewöhnlich im Violetten liegende Wellenlänge, λ 4200, gewählt. Jedoch können Prismen und Kamera leicht und schnell auf jede andere Wellenlänge

des photographischen Spektrums umjustiert werden. Kollimator- und Kameraobjektive sind vom Hastings-Brashear-Triplett-Typus und haben 63,5 bzw. 76,2 mm Öffnung. Die Komponenten sind zur Verhütung von Spannungen nicht verkittet, sondern es ist zwischen ihnen eine Schicht Uhrenöl eingeschlossen, was sich während eines Gebrauches von einem Jahre sehr gut bewährt hat. Die Brennweite des Kollimators ist 1143 mm, die der beiden vertauschbaren Kameraobjektive 711 und 965 mm. Ein drittes Kameraobjektiv vom Cooke-Triplett-Typus, 76 mm Öffnung und 380 mm Brennweite, ist vorgesehen, aber noch nicht abgeliefert. Die mechanische Einrichtung des Spektrographen weicht nicht wesentlich von der bisher üblichen ab. Die mit einem Prisma erzielte Genauigkeit der Radialgeschwindigkeitsbestimmungen ist für ein Spektrum vom II. oder III. Typus $\pm 0,85$ km (wahrscheinlicher Fehler), was, verglichen mit der Genauigkeit, die mit Dreiprismen-Spektrographen erzielt wird ($\pm 0,5$ km), sehr befriedigend ist und es kaum zweckmäßig erscheinen läßt, für den ausschließlichen Zweck der Radialgeschwindigkeitsbestimmung an schwachen Sternen eine höhere Dispersion zu benutzen, da mit der Zahl der Prismen die Dauer der Belichtungszeit sehr stark wächst. Mit einem Prisma und der 711 mm-Kamera wird ein gut ausbelichtetes Spektrum von einem Stern der photographischen Größe 7,0^m in 20–25 Minuten erzielt.

Guthnick.

Beobachtungen über das Wachstum von Stalaktiten (*D. Hüberle, Mitt. üb. Arb. aus d. Geol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Neue Folge Nr. 28, 1918*). Der Grad der Kalksinterausscheidung in Tropfsteinhöhlen hängt ab von der Menge des kalkführenden Wassers, d. h. der Niederschläge, von der Passierbarkeit des Zuführungsweges, der Spalten, die durch die Verwitterung mehr oder weniger verlegt werden können und vom Luftwechsel am Orte des Austrittes, der Verdunstung und Sinterabsatz regelt. Die Variabilität dieser Faktoren macht alle Berechnungen des Durchschnittswachstums der Stalaktiten hinfällig. Doch haben solche Bestimmungen immerhin einigen Wert, sobald das Alter des Hohlraumes bekannt ist, also überall, wo künstliche Höhlen Stalaktiten bergen. In eine solche halb vom Menschen, halb von der Natur geschaffene Grottenwelt führt uns die vorliegende Arbeit, nämlich in rund 200 Jahre alte aufgelassene Stollen aus der Zeit des pfälzischen Quecksilberbergbaues und in die unterirdischen Räume des 1689 zur Ruine gewordenen Heidelberger Schlosses, wo der verwitternde Mörtel das Material liefert. Die Entwicklung der Stalaktiten während solcher geologisch verschwindend kleinen Zeiträume ist überraschend. Konnte doch eine derartige „Tropfsteinhöhle“ der Fremdenindustrie dienstbar gemacht werden. Wie in echten Höhlen bildet der Kalksinter Leisten, breite Bänder und Stalaktiten, die sich gelegentlich zu Hunderten zusammendrängen. Stalagmiten sind nicht beobachtet worden, dafür aber an den Fallstellen durch Kalksinter verkittete Sandgebilde, die als „Teufelskonfekt“ bekannt sind. Die längsten Stalaktiten maßen 25 und 30 cm, woraus ein jährliches Längenwachstum von rund 1 mm folgt, ein geringer Wert im Vergleich mit Kalkhöhlen, wo 7,86 cm jährliche Zunahme gemessen worden sind. Indessen hat man in einem Bayreuther Wasserbehälter binnen Jahresfrist auch Stalaktiten um 8 cm Länge wachsen sehen.

Brandt.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 37. (Seite 661—680)

12. September 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Neue Rekonstruktion der Flugsauriergattungen *Pterodactylus* und *Rhamphorhynchus*. Von Prof. Dr. Othenio Abel, Wien. S. 661.

Mineralogie im Dienste der Geologie. Von Prof. Dr. A. Johnsen, Kiel. S. 665.

Die Grundlagen der Erregung und der Erregungsleitung in der lebendigen Substanz. Von Priv.-Doz. Dr. Walter Thörner, Bonn. S. 670.

Über Salzhunger und Geophagie (Erdeszen) bei den Naturvölkern. Von Med.-Rat Prof. Dr. L. Külz, Altona. S. 675.

Erosion und Erosionsbasis. Von Prof. Otto Baschin, Berlin. S. 678.

Astronomische Mitteilungen:

Veränderliche vom δ Cephei-Typus mit sehr kurzer Periode. Purkinje-Effekt der photographischen Platten. Über Eigentümlichkeiten der Nova Aquilae 3. S. 680.



Elektrische Heizkissen

geben bei einem Energieverbrauch von 60, 30, 15, im Mittel ca. 25 Watt eine örtliche Temperatur von 80°

Fabrik Dr. Heilbrun
Berlin-Nowatwes

Zu kaufen in guten elektr. und ärztl. Handlungen.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 86.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11103.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Sg. Leifegang } Potsdamerstr. 138
Berlin } Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Altes und Neues
aus der Unterhaltungsmathematik

Von

Dr. W. Ahrens

in Rostock

Mit 51 Textfiguren. Preis M. 5.60.

(Hierzu Teuerungszuschläge)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Polysaccharide

Von

Prof. Dr. Hans Pringsheim

Preis M. 9.—*)

*) Hierzu 10% Teuerungszuschlag gem. den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

12. September 1919.

Heft 37.

Neue Rekonstruktion der Flugsauriergattungen *Pterodactylus* und *Rhamphorhynchus*.

Von Dr. Othenio Abel,

o. ö. Professor der Paläobiologie an der Wiener Universität.

Schon die ersten vollständigeren Funde der beiden Flugsauriergattungen *Pterodactylus* und *Rhamphorhynchus* in den lithographischen Schieferen Bayerns, die der oberen Juraformation angehören, regten zu Versuchen einer Rekonstruktion dieser höchst eigenartig spezialisierten Reptilien an, die seit dem Ende der Kreideformation ausgestorben sind. *Collini*, der ein trefflich erhaltenes Skelett von *Pterodactylus longirostris* Cuv. aus den Schieferen von Eichstädt in Franken 1784 beschrieb, war der Ansicht, daß dieses Reptil eine aquatische Lebensweise geführt haben müsse, und noch mehrere Jahrzehnte später (1830) verglich *Wagler* *Pterodactylus* mit einer Seeschildkröte, obwohl schon *Cuvier* (1801) zuerst den überzeugenden Nachweis dafür erbracht hatte, daß *Pterodactylus* ein Fluchtier gewesen sein müsse.

Seit dieser Zeit sind viele weitere Funde von *Pterodactylus*-Skeletten gemacht und unsere Kenntnisse vom anatomischen Baue dieser Flugreptilien wesentlich erweitert worden. Unsere Vorstellungen vom Aussehen des *Pterodactylus* sind aber seit den Rekonstruktionsversuchen aus der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts nicht weiter ausgebaut worden; erst in den letzten Jahren habe ich es versucht, eine neue Rekonstruktion des kleinen *Pterodactylus spectabilis* zu entwerfen. Wir haben jedoch fast nur Versuche zu verzeichnen, die sich auf die Darstellung *fliegender* und *kletternder* Exemplare beziehen, während es bisher fast nicht versucht worden war, diese Tiere in verschiedenen anderen Körperstellungen, z. B. in der *Ruhestellung*, zu rekonstruieren. Eine Ausnahme machen die Zeichnungen *Seeleys* in dessen Buche „*Dragons of the Air*“ (London 1901), in denen der Versuch unternommen wurde, die Tiere *gehend* und *stehend* darzustellen.

Die Zeichnungen *Seeleys* sind schon bei dem Erscheinen seines Buches infolge des karikaturenhaften Eindrucks, den sie auf den Beschauer ausüben, allgemein belächelt worden und entsprechen in der Tat keinesfalls der Vorstellung, die wir uns von dem Aussehen und der allgemeinen Körperhaltung von *Pterodactylus* entwerfen müssen.

Wiederholte Versuche, dieses Flugreptil der

Juraformation in anderen Stellungen als im Fluge zu rekonstruieren, haben mich zu der Überzeugung geführt, daß wir uns auf einem verfehlten Wege befunden haben. *Seeley* und andere Forscher sind von der Annahme ausgegangen, daß *Pterodactylus* auf dem festen Boden zu gehen vermochte und sich dabei auf die Handwurzel und auf die Fußflächen der zart und schlank gebauten Hinterbeine stützte. Bei dieser Annahme war die karikaturenhafte wirkende Rekonstruktion, wie sie in *Seeleys* Buche zur Darstellung gebracht erscheint, unvermeidlich.

Die Lösung des Problems der Rekonstruktion von *Pterodactylus* in anderen Stellungen als während des Fluges, die bisher wenigstens in den Grundzügen gelungen war, liegt in der Erkenntnis, daß die Analogie der *Pterodactylen* mit den Fledermäusen eine viel weitergehende ist, als vielfach angenommen wurde. Nun gehen aber bekanntlich die Fledermäuse niemals mit erhobenem Körper auf dem festen Boden. Wenn sie sich überhaupt auf dem ebenen Boden fortbewegen, so erfolgt diese Lokomotion in der Weise, daß das Tier mit dem Bauche dem Boden aufliegt und dadurch vorwärts kommt, daß es mit den Armen ausgreift und unter zitternden, tastenden Bewegungen nach einem Stützpunkte für die Daumenkrallen sucht, an der es sich dann nach vorwärts zieht; dabei wirken die Hinterbeine, die in weit gespreizter Stellung gehalten werden, nur so weit mit, daß sie den Körper ein wenig in die Höhe stemmen. Sonst aber bleiben sie in eigentümlicher, „verdrehter“ Stellung, da die Sohlenflächen des Hinterfußes zwar dem Boden aufgesetzt, aber die Zehenspitzen dabei nach hinten und außen gerichtet werden. Wenn sich das Tier zum Auffliegen vom Boden aus anschickt, so stemmt es den Hinterkörper mit den Hinterbeinen ein wenig empor, macht einige Flatterschläge und schwingt sich dann in die Höhe. Die Oberschenkel einer auf dem Boden kriechenden Fledermaus nehmen eine Stellung ein, die an jene der Frösche erinnert.

Eine Streckung der Hinterbeine tritt bei den Fledermäusen nur dann ein, wenn sie mit ihren Hinterfüßen an Baumästen, Felsvorsprüngen und dergl. aufgehängt sind und dabei den Körper nach unten herabhängen lassen. Auch das Klettern der Fledermäuse erfolgt in der Regel in der Weise, daß sie sich teils mit den Daumenkrallen, teils mit den Hinterfüßen abwechselnd und dabei vorgreifend weiterbewegen und dabei den Körper nach unten herabhängen lassen. Diese Stellung sehen wir z. B. bei einem

kletternden Flughund oder Kalong (*Pteropus celaeno*) in typischer Ausbildung (Fig. 1).

Wir werden daher annehmen dürfen, daß sich auch die *Pterodactylen* höchstens ausnahmsweise auf dem festen Boden fortbewegten und dann genau dieselbe Haltung wie eine auf dem Boden kriechende Fledermaus einnahmen. Wir werden weiter annehmen müssen, daß sie sich, wenn sie nicht flatternd auf Nahrungssuche ausgingen, in derselben Weise wie die Fledermäuse, also mit dem Körper nach unten herabhängend, im Geäste der Bäume oder in Felsspalten kletternd aufhielten (Fig. 2). Im Ruhezustand werden sie sich wahrscheinlich genau so wie die Fledermäuse mit den Hinterbeinen aufgehängt haben, eine Stellung, von der aus sie durch Spreizen der Flügel sehr leicht in die Flugstellung übergehen konnten, was nicht so leicht möglich gewesen wäre, wenn sie sich auch mit den Krallen der freien Finger oder nur mit diesen allein an Ästen und dergl. aufgehängt hätten. Die ver-



Fig. 1. Flughund (*Pteropus celaeno*) in Kletterstellung. (Nach Brehm.)

schiedenen Skizzen, die ich von den kletternden, schlafenden und zum Abfliegen bereiten *Pterodactylen* zu entwerfen versucht habe (Fig. 2—5), dürften zeigen, daß diese Rekonstruktionsbilder nicht mehr einen so unnatürlichen und unwahrscheinlichen Eindruck hervorrufen, wie die Rekonstruktionsversuche *H. G. Seeleys*, die ebenso unnatürlich wirken, als wenn wir z. B. das Bild eines kletternden Flughundes (Fig. 1) um 180° drehen und ihn auf dem Boden gehend mit hoch über dem Boden gehaltenen Körper darstellen würden.

Um zu einer befriedigenden Vorstellung von dem Aussehen, der Bewegungsart und überhaupt der gesamten Lebensweise der *Pterodactylen* zu gelangen, ist es notwendig, sich streng an die analogen Verhältnisse bei den lebenden Fledermäusen zu halten. So wie diese werden die *Pterodactylen* auch wahrscheinlich erst bei einbrechender Dunkelheit auf die Jagd gegangen sein; wir sind schon seit längerer Zeit zu der Erkenntnis gelangt, daß ihre Nahrung hauptsächlich aus Fischen bestanden haben dürfte, die sie ähnlich wie die Wasserfledermäuse von der

Oberfläche der Gewässer während des Fluges erhaschten (Fig. 6).

Stellt uns also *Pterodactylus* einen ausgestorbenen Reptiltypus dar, der in der Juraformation den Anpassungstypus der heutigen Fledermäuse vertrat, so müssen wir uns anderseits davor hüten, auch in seinem Zeitgenossen *Rhamphorhynchus* einen analogen Anpassungstypus zu erblicken. Schon 1912 habe ich in meiner „Paläobiologie der Wirbeltiere“ betont, daß

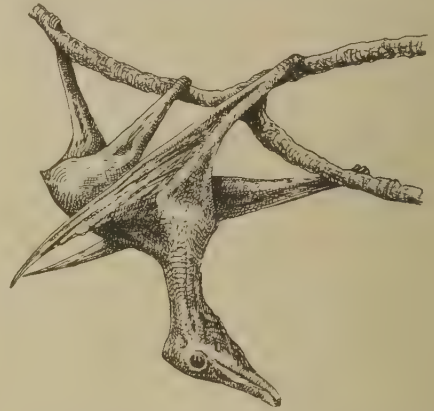


Fig. 2. *Pterodactylus suevicus* aus dem oberen Jura Bayerns, in Kletterstellung rekonstruiert (Originalzeichnung).



Fig. 3.



Fig. 4.

Rekonstruktionen von *Pterodactylus suevicus* in Hängestellung (Originalzeichnungen).

Rhamphorhynchus in scharfem Gegensatz zu *Pterodactylus* steht, da dieser Flugsaurier nicht als ein *Flutterflieger*, sondern als ein *passiver Drachenflieger* oder *Segler* zu betrachten ist. Seine langen, schmalen und sehr spitz zulaufenden Flügel erinnern in auffallender Weise an die Flügelformen der Segler, des Scherenschnabels, der Fregattvögel usw., kurz jener Vögel, die zwar sehr schnell zu fliegen und weite Strecken ohne ersichtliche Ermüdung zurückzulegen vermögen, aber keine oder doch nur sehr seltene Flügelschläge während des Fluges aus-

führen, so wie dies auch für unsere großen Tagraubvögel bezeichnend ist.

Zu den Eigentümlichkeiten von Rhamphorhynchus wie der ganzen Gruppe seiner Verwandten darf der lange, von auffallend starken und straffen Sehnen gespannte und versteifte Schwanz gelten, der am Ende ein horizontal

ren Exemplaren von Rhamphorhynchus aus den lithographischen Schiefer n Bayerns im Abdrucke trefflich erhalten ist, gleichwie das rhombische, von stärkeren Querleisten gestützte Schwanzsegel.

In meiner letzten, im Jahre 1912 veröffentlichten Rekonstruktion von Rhamphorhynchus Gemmingi in Flugstellung habe ich versucht, die Rolle des fünften Zehenstrahls als Spannknochen der Flughaut zur Darstellung zu bringen. Zweifellos fällt diesem Zehenstrahl die Aufgabe zu, das Hinterende der vom Flugfinger gegen die Körperflanke ziehenden Flughaut zu spannen. Diese Aufgabe fiel wohl schon dem fünften Zehenstrahl der ältesten Vertreter der Rhamphorhynchoidea, wie z. B. des Dimorphodon macronyx aus dem englischen Lias zu, wie die deutlich zu beobachtende abgeknickte Stellung dieser Zehe in Beziehung zu den übrigen Zehen beweist. Neuere Studien haben mich jedoch zu der Überzeugung geführt, daß auch dem Unterschenkel dieselbe Rolle zugefallen sein muß. Wenn wir das Tier dementsprechend rekonstruieren (Fig. 7), so ergibt sich, daß der Verlauf des Hintersaumes der Flughaut derartig ist, daß er sich ohne Unterbrechung ganz allmählich in die Schwanzlinie als gleichmäßig geschwungene Kurve fortsetzt.

Schon 1912 habe ich dargelegt, daß aus der Gestalt der Kiefer von Rhamphorhynchus der Schluß gezogen werden darf, daß diese Reptilien in ähnlicher Weise wie die Scherenschnäbel

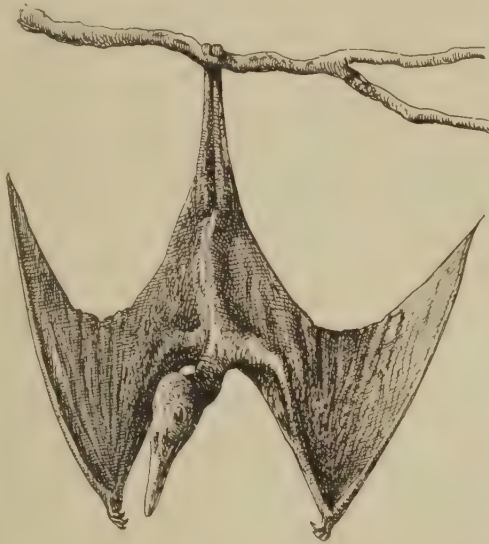


Fig. 5. Rekonstruktion von *Pterodactylus suevicus* in Abflugstellung (Originalzeichnung).

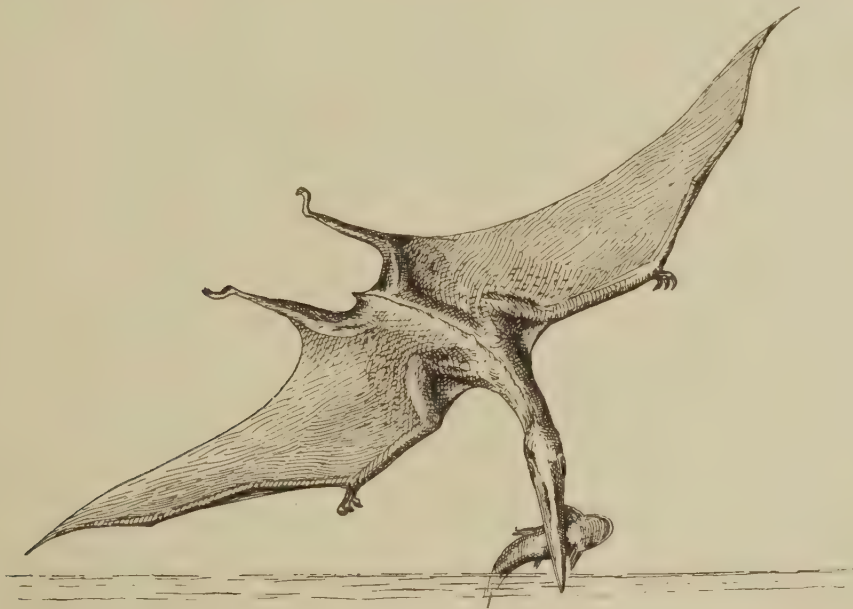


Fig. 6. Rekonstruktion von *Pterodactylus suevicus* in Flugstellung, ungefähr in $\frac{1}{2}$ der nat. Gr. (Originalzeichnung).

stehendes, rhombisches Hautsegel trug, das vom flugtechnischen Standpunkte aus nur als ein *Höhensteuer* bewertet werden kann. Wie bei *Pterodactylus* besteht die Flugfläche aus einer Hautduplikatur, die sich zwischen den Seiten des Rumpfes und dem zu einem Flugfinger verlängerten vierten Finger ausspannte und bei mehre-

Afrikas und Südamerikas an der Oberfläche ruhiger Gewässer auf Fische jagten, die sie mit ihren Unterkiefern, förmlich die Wasseroberfläche durchpflügend, in die Höhe warfen und dann mit den zusammenklappenden Schnäbeln wie mit einer Zange erfaßten, worauf die Beutetiere unzerbissen verschluckt wurden. Fortgesetzt

Untersuchungen über die Anpassungen von Rhamphorhynchus und Vergleiche mit analogen Anpassungsformen unter den lebenden Vögeln haben mir die Gewißheit verschafft, daß die Übereinstimmung zwischen Rhamphorhynchus und dem lebenden Scherenschnabel (Rhynchops) sich nicht nur auf die Jagdmethode beschränkt, sondern auch auf die anderen Lebensgewohnheiten erstreckt. Bei Betrachtung der von der Meisterhand Kuhnerts gemalten Tafel in der neuen Auflage von Brehms „Tierleben“, welche den Scherenschnabel im ruhenden Zustande, und zwar auf dem Ufersande liegend darstellt, ist die Ähnlichkeit in der allgemeinen Körperform mit der eines Rhamphorhynchus geradezu überraschend. Wir müssen die Frage aufwerfen, ob nicht auch die Rhamphorhynchen tagsüber in derselben Weise auf dem Ufersande zu liegen pflegten und sich erst gegen Anbruch der Däm-

hingleiten und Schweben unterbricht, ist nur in den Lüften heimisch, auf dem Boden dagegen äußerst unbeholfen. Vom Gehen ist bei diesem Vogel keine Rede mehr; er vermag nicht einmal zu kriechen. Legt man einen Mauersegler auf den Boden, so breitet er sofort seine Schwingen weit aus, schnellt sich durch einen kräftigen Schlag derselben auf den Boden in die Höhe und geht sofort in den Segelflug über.

Betrachten wir die Rekonstruktion eines fliegenden Rhamphorhynchus und versuchen wir es, dieses Reptil in ruhender Stellung nach dem Vorbilde einer Fledermaus oder eines Pterodactylus mit dem Körper nach abwärts hängend und mit den Füßen an einen Baumast geklammert zu rekonstruieren, so wird ein solcher Rekonstruktionsversuch sofort erkennen lassen, daß diese Haltung und Stellung für das Tier eine durchaus unnatürliche ist. Auch wenn wir das Tier derart



Fig. 7. Rekonstruktion von Rhamphorhynchus Gemmingi (Originalzeichnung).

merung auf die Jagd begaben. Wenn Rhamphorhynchus dieselbe Ruhestellung wie der lebende Scherenschnabel eingenommen hat, so ist zunächst die Frage zu beantworten, wie dies mit dem für Rhamphorhynchus anzunehmenden Segelfluge in Einklang zu bringen ist. Wir müssen prüfen, ob es dem Tiere möglich war, sich aus der liegenden Stellung zum Fluge zu erheben, ohne daß ein Abfliegen von einem erhöhten Abflugplatze, etwa von einem Baumaste oder von einem Felsen, erforderlich war.

Die Antwort darauf gibt uns die Art und Weise, wie sich der Mauersegler (*Cypselus apus*) vom flachen Boden aus in die Luft zu schwingen vermag. Dieses Tier, dessen Flug als das typische Beispiel eines Segelfluges unter den lebenden Flugtieren gelten kann, wobei lange Zeit hindurch kein einziger Flügelschlag das ruhige Da-

an einem Aste hängend rekonstruieren, daß wir es mit den Krallen, der drei freien Finger jeder Hand an dem Aste festgeklammert und den Körper mit dem langen Schwanze nach abwärts hängend darzustellen versuchen, so erhält das Rekonstruktionsbild einen unwahrscheinlichen und unnatürlichen Charakter. Wenn wir dagegen einen Rhamphorhynchus in derselben Stellung wie einen auf dem Strande liegenden Rhynchops rekonstruieren, so gewinnt das Bild einen durchaus möglichen und wahrscheinlichen Eindruck. Kann sich der Mauersegler und der Scherenschnabel auch vom flachen Boden aus erheben und nach einem oder wenigen starken Flügelschlägen auf den Boden in die Luft schwingen, so ist dies wohl auch bei Rhamphorhynchus möglich gewesen. Hier kam aber noch der lange, in ein rhombisches Hautsegel endende, von starken

Sehnen straff gespannte Schwanz beim Aufliegen zu Hilfe; durch das Aufschlagen des Schwanzes auf den Boden mußte der Sprung in die Luft auf das wirksamste verstärkt werden. Es ist sogar anzunehmen, daß sich Rhamphorhynchus nur gelegentlich mit Hilfe seiner Fingerkrallen an einen Ast oder Felsen anhakte und daß seine normale Ruhestellung dieselbe war, die wir beim Scherenschnabel beobachten können. Im Gegensatz zu Pterodactylus bestand also die Ruhestellung bei Rhamphorhynchus nicht im *Aufhängen*, sondern im *Liegen*. Ich habe diese verschiedenen Stellungen, also die liegende Ruhestellung, das Aufliegen und das ruhige Schweben und Gleiten in der neuen Rekonstruktion von Rhamphorhynchus (Fig. 7) zum Ausdruck zu bringen versucht.

Diese kleinen Verbesserungen und Berichtigungen unserer Vorstellungen vom Lebensbilde der Flugsaurier zeigen, daß wir bestrebt sein müssen, immer wieder die Rekonstruktionen der fossilen Tiere zu überprüfen und daß wir uns nicht mit einer Rekonstruktion bescheiden dürfen, die für eine bestimmte Stellung und Bewegung ein halbwegs befriedigendes Bild gibt. Wenn auch unsere Vorstellungen von dem Aussehen und der Lebensweise dieser merkwürdigen Flugreptilien aus dem Mittelalter der Erdgeschichte seit den ersten Rekonstruktionsversuchen aus der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts wesentlich berichtigt worden sind und sich unsere Kenntnis von der Lebensweise der fossilen Flugreptilien bedeutend vertieft und erweitert hat, so bleiben doch noch immer einzelne Probleme in der Rekonstruktion dieser Tiere übrig, die zur Fortsetzung der paläobiologischen Untersuchungen über diese Formen anspornen. Dazu gehört z. B. die noch ungelöste Frage der Haltung des Halses und Kopfes und die Stellung der Körperachse zur Horizontalebene während des Schwebefluges von Rhamphorhynchus, Fragen, die auch vom Standpunkte der Aviatik Interesse beanspruchen, wie denn überhaupt Rhamphorhynchus mehr als irgendein anderes lebendes oder fossiles Flugtier dem mechanischen Prinzip unserer Eindeckerflugmaschinen in geradezu überraschender Weise zu entsprechen scheint.

Mineralogie im Dienste der Geologie.

Von Prof. Dr. A. Johnsen, Kiel.

Einleitung.

Die verschiedenen Wissenschaften stehen vielfach in derartiger Beziehung zueinander, daß eine von ihnen das Fundament einer andern bildet. So darf wohl Altphilologie als eine Stütze der Historie betrachtet werden. Zuweilen kann man eine ganze Säule von Disziplinen aufbauen, deren jede der Grundstein einer anderen ist. Beispielsweise bildet Mathematik eine Grundlage der Physik, diese ein Fundament der Mineralogie, letztere eine Stütze der Geologie und diese wiederum eine Hilfswissenschaft der Geographie.

Im folgenden soll sich uns Mineralogie im Dienste der Geologie zeigen. Einen allgemeinen Überblick über die Beziehungen zwischen diesen beiden Forschungszweigen wird das Schlußkapitel bringen.

I.

Tiefenbestimmung.

Bereits im Jahre 1822 hat *H. Davy* Flüssigkeits- oder Mutterlaugeneinschlüsse in Bergkristallen, nachdem er diese unter einer Sperrflüssigkeit aufgebrochen hatte, chemisch analysiert. Kurz darauf (1826) erkannte *D. Brewster* flüssige Inklusionen der bläulichen Topase vom Rio Belmonte in Brasilien an ihrer thermischen Ausdehnung, die etwa 80-mal so groß als diejenige des flüssigen Wassers bei Zimmertemperatur war, als kondensierten Dampf und fand dessen Brechungsindex gleich 1,131 für die gelben Strahlen des Natriumlichtes. Nachdem auch *William Nicol*, der Erfinder des nach ihm benannten Kalkspatprismas, im Jahre 1828 Flüssigkeitseinschlüsse von Mineralien untersucht und *H. Cl. Sorby*, der Vater der mineralogischen Mikroskopie, die Brewsterschen Beobachtungen bestätigt hatte, erkannte *R. Th. Simmler* (1858) die Identität der Daten *Brewsters* mit den inzwischen von *Thilorier* (1835) festgestellten Konstanten der flüssigen Kohlensäure (CO_2). Endlich wiesen *H. Vogelsang* und *H. Geißler* (1869) chemisch mittels Kalkwassers sowie spektralanalytisch die Brewsterschen Topaseinschlüsse als CO_2 nach. Auch in Bergkristallen der Klüfte kristalliner Schiefer sowie in Quarzen der Granite und Gneise hat man flüssige und dampfförmige CO_2 nebeneinander aufgefunden. Da die kritische Temperatur der Kohlensäure $+31,3^\circ \text{C}$ beträgt, so muß oberhalb dieser Temperatur der breite dunkle, durch Totalreflexion verursachte Streifen zwischen Flüssigkeit und Dampfblase verschwunden sein, was auch in der Tat von *A. Bryson* (1861) und von *H. Vogelsang* konstatiert wurde.

Sehr schön lassen sich diese Erscheinungen an Amethysten, also violetten Quarzen, studieren, die bei dem Dorfe Lipowaja unweit Mursinka im Bezirk Jekaterinburg in Quarzadern, d. h. in quarzerfüllten Gesteinsklüften auftreten und 1882 von *A. Karpinsky* beschrieben wurden. Unsere Fig. 1 zeigt einen solchen Amethystkristall mit einem Hohlraum, der die Form des „Wirtes“, also des Amethystes, besitzt und von flüssiger CO_2 nebst darauf schwimmender CO_2 -Libelle erfüllt ist. Jene Amethystadern sind einst, lange Zeit nach ihrer Entstehung, durch gebirgsbildende („orogenetische“) Erdrindenbewegungen und Hebungen nebst darauffolgender Abtragung der Höhen („Denudation“) zutage gefördert.

Frägt der Geologe nach der Erdtiefe, in der sich diese Amethystgänge einst bildeten, so kann der Mineraloge diese Frage beantworten, indem er die Einschlüsse in der beschriebenen Weise als

flüssige und dampfförmige CO_2 nachweist und folgende Überlegungen anstellt.

In etwa 10 m Tiefe unter irgendeinem Orte der Erdoberfläche herrscht die mittlere Jahrestemperatur (Lufttemperatur) des betr. Ortes, und von dieser Tiefe an nimmt die Temperatur für je 30 m Tiefenzunahme um etwa 1°C zu, was erfahrungsgemäß bis zu Tiefen von über 2 km gilt. Man bezeichnet daher die Länge von 30 m als mittlere „geotherme Tiefenstufe“. Setzt man das spezifische Gewicht der Gesteine in der Erdkruste gleich rund 2,6, so übt eine Gesteinsäule von 4 m Länge einen Druck von 1 Atmosphäre aus; demnach kann man die Länge von 4 m als mittlere „geobare Tiefenstufe“ bezeichnen, deren Wert bis zu mehreren Kilometern sehr annähernd konstant bleibt.

Nun teile ich die sich unter der Erdoberfläche abspielenden Vorgänge in „bathogene“¹⁾ und „plutogene“²⁾, je nachdem sich Temperatur und Druck am Orte des Vorganges aus seiner Tiefe und jenen Tiefenstufen berechnen lassen oder nicht.

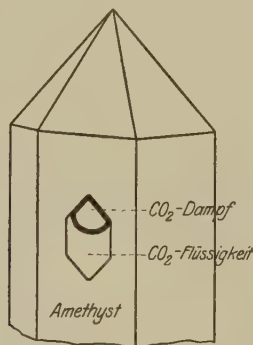


Fig. 1.

Wir wollen zunächst annehmen, daß unsere Amethystadern, deren Bildungsort nach seiner Tiefe den Geologen interessiert, durch einen annähernd bathogenen Prozeß entstanden. Wir untersuchen den Amethyst mittels Mikroskops bei etwa $+20^\circ \text{C}$ und finden, daß ungefähr 30 % des Hohlraumes von dampfförmiger CO_2 , die übrigen 70 % von flüssiger CO_2 eingenommen werden. Die Dichte des Dampfes bei $+20^\circ$ sei mit q_d bezeichnet, diejenige der Flüssigkeit mit q_f und diejenige der Kohlensäure bei der Temperatur und dem Druck, die am Entstehungsorte gemäß seiner Tiefe herrschten, mit q_t . Dann gilt offenbar die Gleichung

$$100 q_t = 30 q_d + 70 q_f,$$

deren linke Seite das Gewicht der eingeschlossenen CO_2 zur Zeit der Amethystbildung und deren rechte Seite die Summe der Gewichte der dampf-

förmigen und der flüssigen CO_2 zur Zeit unserer Untersuchung darstellt, wofern das Volumen des Hohlraumes in der Zwischenzeit sich nicht merklich geändert hat; das darf man in Anbetracht des sehr kleinen Ausdehnungskoeffizienten des Amethystes unbedenklich annehmen.

Die für $+20^\circ \text{C}$ geltenden Dichten q_d und q_f , die Dichte des Wassers bei $+4^\circ \text{C}$ gleich Eins gesetzt, können wir aus Tabelle A ablesen; danach ist $q_d = 0,190$ und $q_f = 0,766$. Somit liefert obige Gleichung $q_t = 0,598$; das ist, wie aus der gleichen Tabelle zu ersehen, die Dichte der flüssigen CO_2 bei $+30^\circ \text{C}$. Die Erdtiefe, in der diese Temperatur herrscht, ersehen wir aus Ta-

Tabelle A¹⁾.

Temperatur in Celsiusgraden	Dichte q_d des gesättigten CO_2 -Dampfes	Dichte q_f der flüssigen CO_2 .
0	0,096	0,914
+ 5	0,114	0,888
+10	0,133	0,856
+15	0,158	0,814
+20	0,190	0,766
+25	0,240	0,703
+30	0,334	0,598
+31,3	0,464	0,464

belle B als fast genau 1 km, wobei die einstige mittlere Jahrestemperatur von Mursinka gleich der heutigen, nämlich rund 0°C , angenommen ist. In jener Tiefe herrscht, wie die dritte Kolonne der Tabelle B zeigt, ein Druck von 252 Atmosphären, während nach Kolonne 4 der Druck des bei $+30^\circ$ gesättigten CO_2 -Dampfes nur 72 Atmosphären beträgt; die CO_2 wurde somit im flüssigen Aggregatzustande eingeschlossen, was wir bereits aus der berechneten Dichte $q_t = 0,598$ direkt gefolgert haben.

Tabelle B²⁾.

Erdtiefe ϑ in Metern	Temperatur t in Celsiusgraden in der Tiefe ϑ	Druck in Atmosphären in der Tiefe ϑ	Dampfdruck des bei der Temp. t gesättigten CO_2 -Dampfes in Atmosphären
10	0	3,5	34,5
100	3	26	37,5
160	5	40	40
310	9	77,5	43,5
440	13	110	50
540	16	135	54
680	20	170	59
1010	30	252,5	72
1050	31,3	262,5	75
1340	40	335	—

Entsprechen diese aus der Annahme einer annähernd bathogenen Entstehungsweise des Ame-

¹⁾ Die Dichten q_d und q_f entsprechen den von Amagat 1892 angegebenen Werten.

²⁾ Die Dampfdrucke entsprechen den von Regnault 1862 angegebenen Werten.

¹⁾ Von τὸ βάθος = die Tiefe und γέννω = ich bringe hervor; zu diesen Prozessen gehört die Regionalmetamorphose und die Entstehung der kristallinen Schiefer.

²⁾ Von Pluto, dem Gott der Unterwelt; zu diesen Vorgängen gehört die Bildung der plutonischen oder Tiefengesteine sowie deren Kontaktmetamorphose.

thystganges gezogenen Schlüsse den Tatsachen, so muß beim Erwärmen von $+20^\circ$ auf $+30^\circ$ die ganze CO_2 -Libelle sich zu flüssiger CO_2 kondensieren. Der Versuch ergibt, daß in der Tat die CO_2 -Flüssigkeit sich beim Erwärmen auf Kosten der Dampfblase ausdehnt und diese bei $+30^\circ$ völlig verdrängt.

Nimmt man die einstige mittlere Jahrestemperatur von Mursinka höher als 0° an, so rückt die berechnete Bildungstiefe etwas in die Höhe; so erhält man z. B. aus einem Jahresmittel von $+10^\circ$ eine Tiefe von 600 m statt 1000 m.

Hätte sich die Amethystbildung nicht bathogen, sondern plutogen vollzogen, etwa in 1 km Tiefe nicht bei der zugehörigen Tiefentemperatur von $+30^\circ$, sondern bei $+40^\circ$, so würde CO_2 im überkritischen Zustande mit einem spezifischen Gewichte von weniger als $\rho = 0,5$ eingeschlossen worden sein und bei $+20^\circ$ mehr als 45 Volumprocente Dampf nebst 55 Volumprozenten Flüssigkeit liefern, was mit unserer obigen Beobachtung eines Volumverhältnisses von 30 : 70 allzuschlecht übereinstimmt.

II.

Altersbestimmung.

Die Sedimentgesteine, welche bei normaler Lagerung als konzentrische Schalenstücke den Erdkern umhüllen, werden von dem Geologen nach dem *relativen* Alter ihrer Ablagerungszeit in Formationen eingeteilt, deren jeder eine geologische Periode entspricht. Von zwei übereinander liegenden Gesteinsschichten pflegt die obere („hangende“) die jüngere, die untere („liegende“) die ältere zu sein. Durch die paläontologische Untersuchung der Arten versteinelter Tiere und Pflanzen läßt sich das *relative* Alter (d. h. das *Vorzeichen der Altersdifferenz*!) der sie bergenden Sedimente kontrollieren. In diese Ablagerungen sind oft pilzförmig, gangförmig oder deckenförmig Eruptivgesteine eingeschaltet; ein solches Eruptivgestein ist jünger oder älter als das umgebende Schichtgestein, je nachdem dieses durch die von der erstarrenden Eruptivmasse ausgehenden Dämpfe und Wärmemengen verändert („kontaktmetamorphosiert“) ist oder nicht.

Die Namen der einzelnen Perioden und ihrer Formationen sind nach zunehmendem Alter folgende: *Quartär, Tertiär, Kreide, Jura, Trias, Perm, Karbon, Devon, Silur, Kambrium, Präkambrium* und *Archaikum*. Die Frage nach dem *absoluten* Alter dieser verschiedenen Zeiten und ihrer Gesteine stellt eines der größten geologischen Probleme dar. Der Mineraloge vermag diese Frage seit einigen Jahren bis zu einem gewissen Grade zu beantworten.

Die Gesteine und auch der durch Verwitterung aus ihnen hervorgegangene Erdboden sowie die heißen Quellwässer und die Atmosphäre besitzen sämtlich eine merkliche Radioaktivität. Diese rührt von solchen Mineralien her, die ein radioaktives Element der Uranreihe oder der Thoriumreihe enthalten, während die Aktivität

von Kalium und Rubidium viel schwächer (und der Charakter des Aktiniums noch nicht genügend geklärt) ist. Manche Elemente solcher Zerfallsreihen senden α -Strahlen, d. h. doppelt positiv elektrisch geladene Heliumatome aus. Daher muß sich in solchen Mineralien eine Heliummenge finden, die im allgemeinen um so größer ist, je älter das Mineral. Kennen wir durch chemische Analyse den Prozentgehalt eines Minerals an Uran (U) oder an Thorium (Th) sowie an Helium (He) und andererseits die He-Menge, die aus einem Gramm U oder Th pro Jahr entsteht, so läßt sich das Alter des betr. Mineralindividuums berechnen.

Zur Berechnung der He-Menge, die beispielsweise aus einem Gramm U pro Jahr hervorgeht, ist nicht nur die Zerfallsgeschwindigkeit des gewöhnlichen Urans selbst, sondern auch diejenige aller seiner sieben mit α -Strahlung ausgestatteten Zerfallsprodukte zu berücksichtigen. Hierbei sind diejenigen Mengen dieser Zerfallsprodukte in Rechnung zu stellen, die mit 1 g U im Gleichgewicht sind. Es gehen unter Aussendung von einem α -Teilchen (He-Atom) pro Atom der Reihe nach ineinander über U I, U II, Ionium, Ra, Ra-Emanation, RaA, RaC und RaF, während dieses Radium-F nach einer sehr wahrscheinlichen Hypothese von B. B. Boltwood (1907) in das inaktive Blei (Pb) sich umwandelt; dieses hat in der Tat entsprechend dem Gewicht eines He-Atoms ein um annähernd 4 Einheiten niedrigeres Atomgewicht (207) als das RaF (210,5). Während jener Umwandlungen nimmt also die Menge des U I ab und die Menge des Pb zu. Die Halbwertszeit, d. h. die Zeit, in der sich die Hälfte der vorhandenen Masse zersetzt, ist nun aber für U I viel größer als für seine sämtlichen sieben obigen Zerfallsprodukte; aus diesem Grunde kann die Ausgangsmenge von 1 g U I für lange Zeit als praktisch konstant angenommen werden und somit ergeben sich bestimmte Massengleichgewichte zwischen den 8 genannten je 1 He-Atom liefernden Elementen der Uranreihe.

Die folgende Tabelle C enthält die mit 1 g U I im Gleichgewicht befindlichen Massen m , in Grammen ausgedrückt, die Atomgewichte A sowie die Halbwertszeiten z , die offenbar den Atom-

mengen $\frac{m}{A}$ proportional sein müssen, so daß

$$\frac{m_1}{A_1 z_1} = \frac{m_2}{A_2 z_2} = \dots = \frac{m_8}{A_8 z_8} \dots \dots \dots (0)$$

konstant ist.

Alle acht radioaktiven Elemente der Tabelle C erzeugen, im gegenseitigen Gleichgewicht befindlich, pro Zeiteinheit eine und dieselbe He-Menge,

da diese den Werten $\frac{m}{Az}$ proportional ist. Wir wollen diesen Heliumbetrag z. B. aus der mit 1 g U I im Gleichgewicht befindlichen Radiummenge $m = 0,34 \times 10^{-6}$ g berechnen. Die Umwandlungsgeschwindigkeit v dieser Radiummasse ist trotz deren andauernden Zerfalles konstant, da die

Tabelle C¹⁾.

Name des chem. Elementes	Masse m in Grammen, im Gleichgewicht mit 1 g U I	Halbwertszeit z	Atomgewicht A
Uran I.....	1	5×10^9 Jahre	238,5
Uran II.....	196×10^{-6}	10^6 Jahre	234,5
Ionium.....	39×10^{-6}	2×10^5 Jahre	230,5
Radium.....	$0,34 \times 10^{-6}$	2×10^3 Jahre	226,5
Ra-Emanation..	$1,94 \times 10^{-12}$	3,85 Tage	222,5
Radium A.....	$1,05 \times 10^{-15}$	3,0 Minuten	218,5
Radium C.....	$6,8 \times 10^{-15}$	19,5 Minuten	214,5
Radium F.....	65×10^{-12}	136 Tage	210,5
Blei.....	—	—	207

Masse m durch das ebenfalls zerfallende Ionium immer wieder ergänzt wird. Nun ist v proportional der sich umwandelnden Masse m , also

$$v = k \cdot m, \dots \dots \dots (1)$$

worin die Umwandlungskonstante k offenbar die Umwandlungsgeschwindigkeit der Masseneinheit ist. Für jede radioaktive Substanz ist

$$k = \frac{\ln 2}{z}, \dots \dots \dots (2)$$

wenn \ln den natürlichen Logarithmus und z die Halbwertszeit bedeutet. Da nach Tabelle C für Radium $z = 2000$ Jahre ist, liefert uns (2) $k = 0,347 \times 10^{-3}$. Somit folgt $v = k \cdot m = 1,18 \cdot 10^{-10}$. Weil nun v die in der Zeiteinheit zerfallende Ra-Menge bedeutet und wir z in Jahren, m in Grammen gemessen haben, so ist $v = 1,18 \times 10^{-10}$ die Anzahl der im Jahre zerfallenden Gramme Radium. Nach Tab. C ist das Atomgewicht des Ra gleich 226,5, das des He gleich 4; das Gewicht aus 1 cm³ He beträgt bei 0° C und gewöhnlichem Luftdruck 0,000 177 Gramm, d. i. die Dampfdichte; somit ergibt sich

$$\frac{4 \times 1,18 \times 10^{-10}}{226,5 \times 0,000177} = 1,18 \times 10^{-8} \text{ cm}^3$$

$$\text{oder} = 1,18 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$$

als die pro Jahr aus $0,34 \times 10^{-6}$ g Ra hervorgehende He-Menge. Jedes der acht α -strahlenden, d. h. He-liefernden Elemente der Uranreihe erzeugt, wenn sie alle mit 1 g Uran I im Gleichgewicht sind, die gleiche He-Menge. Folglich liefert 1 g U I samt seinen Umwandlungsprodukten pro Jahr $8 \times 1,18 \times 10^{-5} = 9,5 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$ Helium. Diese von uns gefundene Zahl stimmt genügend mit dem Werte $11 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$ überein, den E. Rutherford und H. Geiger mittels der sogenannten Szintillationsmethode²⁾ erhielten.

Ergibt nun die chemische Analyse von 1 g

¹⁾ Diese Tabelle ist berechnet aus Werten, die dem Buche von E. Rutherford, „Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen“ (E. Marx, Handb. d. Radiologie II, S. 416 u. 463, Leipzig 1913) entnommen sind.

²⁾ Läßt man die α -Teilchen (geladene He-Atome) einen Schirm von Zinksulfid bombardieren, so erzeugt jedes Atom einen phosphoreszierenden Fleck; die Zahl dieser Flecke ist also gleich der Anzahl der He-Atome, woraus man die gesamte He-Masse berechnet, da ein Atom He eine Masse von $4 \times 1,64 \times 10^{-24}$ Gramm hat.

eines Th-freien Mineralen M Gramm Uran und V Kubikmillimeter Helium, so beträgt das Alter Z des Mineralen in Jahren offenbar

$$Z = \frac{V}{11 \times 10^{-5} M} \dots \dots \dots (3)$$

So fand R. J. Strutt, der sich seit 1905 mit derartigen Ermittlungen befaßt hat, in Thorium-freiem Zirkon tertiärer Gesteine von Expailly in der Auvergne pro 1 g dieses Mineralen einen Urangehalt von $3,15 \times 10^{-4}$ g und einen He-Gehalt von $212 \times 10^{-3} \text{ mm}^3$. Sonach ergibt (3) für diese Gesteine ein Alter von 6 Millionen Jahren.

Bedenkt man, daß trotz der mechanischen und chemischen Widerstandsfähigkeit des Zirkons, dessen Zusammensetzung, von dem geringen Urangehalt abgesehen, der Formel ZrSiO_4 entspricht, ein Teil des gebildeten He-Gases im Verlaufe von Jahrtausenden aus dem Mineralkorn entweichen sein mag, so wird das soeben berechnete Gesteinsalter geringer als das wahre sein. Man kann aber statt dieser unteren Altersgrenze auch eine obere ermitteln. Da nämlich das Endprodukt des Zerfalls der Uranreihe, wie erwähnt, höchstwahrscheinlich Blei ist, so kann man aus dem Bleigehalt von Uranmineralien ebenfalls deren Alter berechnen. Da 1 g Uran pro Jahr $11 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$ He = $1,95 \times 10^{-11}$ g He liefert und gleichzeitig mit acht He-Atomen immer ein Bleiatom entsteht und das Atomgewicht von Blei gleich 207, das von He gleich 4 ist, so liefert 1 g Uran in 1 Jahr $\frac{207 \times 1,95 \times 10^{-11}}{8 \times 4} = 12,6 \times 10^{-11}$ g Blei.

Enthält also 1 g eines Mineralen M_1 Gramm Uran und M_2 Gramm Blei, so beträgt sein Alter Z in Jahren

$$Z = \frac{M_2}{12,6 \times 10^{-11} M_1} \dots \dots \dots (4)$$

Nun fand A. Holmes (1911) z. B. für den präkambrischen Thorianit von Ceylon, ein Uran und Thorium führendes Mineral, den Quotienten $\frac{M_2}{M_1} = 0,20$, woraus sich nach (4) das Alter der präkambrischen Ceylongesteine, aus denen der Thorianit herausgewittert ist, gleich 1600 Millionen Jahre ergibt. Diese Berechnungsweise ist im Gegensatz zu den auf dem He-Gehalt beruhenden Berechnungen unabhängig von einem Thoriumgehalt der betr. Mineralien, da Thorium im Gegensatz zum Uran zwar He, nicht aber Blei erzeugt.

Da nun der Thorianit möglicherweise schon bei seiner Entstehung etwas Blei von außen her in sich aufgenommen haben kann, d. h. nicht sein ganzer heutiger Bleigehalt im Minerale selbst entstanden zu sein braucht, so liefert die Formel (4) statt des Minimalalters der Formel (3) vielmehr ein Maximalalter. In der Tat wurde der He-Gehalt Pb-führender Uranmineralien stets niedriger gefunden als dem Verhältnis $\frac{8 \times 4}{207}$ (s. oben) entspricht.

Wie uranhaltige Mineralien, so kann man

auch *thoriumführende* auf ihren He-Gehalt hin analysieren und darauf eine Altersberechnung gründen.

III.

Temperaturbestimmung.

Die einen Hohlraum der Erdkrinde ausfüllenden Stöcke oder Massive von Graniten, die aus der Erstarrung eines Magmas, also eines natürlichen Schmelzflusses, in der Tiefe hervorgehen, zeigen häufig Apophysen. Das sind Gänge oder Ausfüllungen von Spalten in dem granitischen Tiefengestein selbst oder in seinem Nebengestein; diese Spalten öffneten sich teils während der Intrusion und Erstarrung des Hauptmagmas, teils infolge gebirgsbildender Bewegungen zu andern Zeiten; die noch nicht verfestigten Rückstände des Magmas drangen in die Spalten ein und kristallisierten dort aus. Da das Granitmagma im wesentlichen aus Silikaten nebst überschüssiger Kieselsäure und Wasser besteht und das Wasser während der Abkühlung des Magmas nicht mit auskristallisiert, so werden die noch nicht verfestigten Schmelzreste mit der Zeit, also mit abnehmender Temperatur, immer wasserreicher derart, daß das Wasser schließlich über die „trockenen“ Magmakomponenten überwiegt und man von einer heißen wässrigen Lösung sprechen darf.

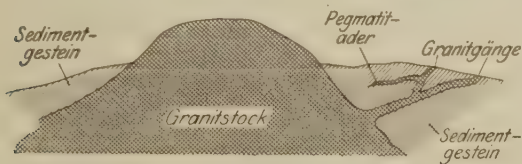


Fig. 2.

Diese wässrigen Lösungen, deren Temperatur infolge des erheblichen Außendruckes mehrere hundert Celsiusgrade betragen kann, sind naturgemäß viel dünnflüssiger und beweglicher als das ursprüngliche Magma und dringen in die äußersten Spaltenausläufer und ihre kapillaren Verästelungen ein (Fig. 2), wo sie teils infolge fortschreitender Abkühlung, teils infolge von Verdampfung des lösenden Wassers die gelösten Bestandteile, hauptsächlich Kristalle von Quarz und Kalifeldspat ausfallen lassen, während die dunklen Glimmertafeln sich bereits in den älteren Gängen und dem noch älteren Granitstock ausgeschieden haben. Jenes Kristallgemenge von Quarz und Feldspat der jüngeren Gänge und Adern bezeichnet man als Pegmatit, zuweilen auch wegen eines an Keilinschriften erinnernden Gefüges als Schriftgranit.

Die Bildungsbedingungen des Granitstockes, der Granitgänge und der Pegmatitgänge, z. B. auch ihre *Ausscheidungstemperaturen* sind offenbar von geologischem Interesse, und der Mineraloge vermag in der Tat gewisse obere und untere Temperaturgrenzen auf folgende Weise zu ermitteln.

Das Mineral Quarz (SiO_2) geht nach *H. Le Chatelier* (1889 und 1890) bei annähernd $+570^\circ \text{C}$ unter plötzlicher stärkerer Ausdehnung und unter unstetigem Anwachsen seines optischen Drehungsvermögens in einen neuen kristallisierten Aggregatzustand über, der sich von dem der gewöhnlichen Quarzkristalle nicht chemisch, sondern nur in der Anordnung und den Schwingungen der Atome unterscheidet; man nennt diese künstlich erzeugte Quarzart „ β -Quarz“, den gewöhnlichen Quarz der Granite und Pegmatite dagegen „ α -Quarz“. Jene Umwandlung¹⁾ ist reversibel, d. h. beim Sinken der Temperatur unter den genannten Wert geht der β -Quarz wieder in α -Quarz über, indem oberhalb dieser Umwandlungstemperatur die β -Art, unterhalb die α -Art stabil ist. Die Umwandlung von α -Quarz in β -Quarz ist nach *H. Le Chatelier* und *E. Mallard* (1890) auch von einer plötzlichen Abnahme der Doppelbrechung und nach *F. Rinne* und *R. Kolb* (1910) von einer unstetigen Erniedrigung der beiden Hauptbrechungsindizes im gelben Natriumlicht sowie von einer diskontinuierlichen Ab-

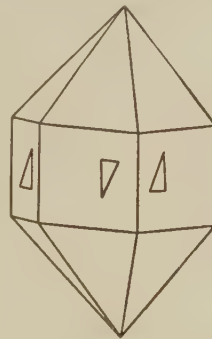


Fig. 3.

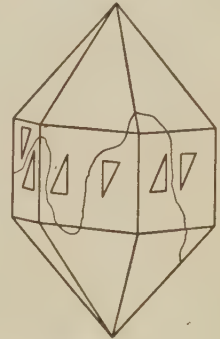


Fig. 4.

nahme des sogenannten Rhomboederwinkels von $85^\circ 32'$ auf $85^\circ 28'$ und nach *F. E. Wright* und *E. Larsen* (1909) von einer Wärmeentwicklung von etwa 4 Grammkalorien pro 1 g Quarz begleitet; die beiden letztgenannten Forscher ermittelten die Umwandlungstemperatur zu $+575^\circ \pm 2^\circ \text{C}$.

Ätzt man einen rechtsdrehenden oder einen linksdrehenden (Fig. 3) α -Quarzkristall bei Zimmertemperatur mit Flußsäure (HF), so frißt sie sich in die 6 Säulenflächen des Kristalles derart ein, daß regelmäßig begrenzte Vertiefungen, sogenannte „Ätzgrübchen“, entstehen; dabei bildet sich auf jeder der 6 Säulenflächen nicht nur ein Ätzgrübchen, wie in Fig. 3 gezeichnet, sondern eine größere Anzahl. Die in einer und derselben Säulenfläche liegenden Grübchen sind entweder sämtlich einander kongruent und parallel (Fig. 3) oder sie sind zwar alle einander kongruent, befinden sich aber in zwei verschiedenen (um 180° gegeneinander gedrehten) Stellungen (Fig. 4). Im ersteren Falle liegt ein einziges

¹⁾ Vergl. diese Zeitschrift 1918, S. 530.

einheitliches Quarzindividuum vor, im letzteren Falle ein sogenannter „Zwilling“ zweier Quarzkristalle, die in gesetzmäßiger Weise zueinander orientiert sind. Als nun O. Mügge (1907) solche α -Quarze, die sich bei derartigen Ätzversuchen als einheitlich, also *nicht* verzwilligt erwiesen, durch Erhitzen auf über $+575^\circ$ in β -Quarze umwandelte und diese durch Abkühlen auf Zimmertemperatur wieder in α -Quarze überführte, ergab sich bei nunmehrigem nochmaligen Ätzen mit HF das Bild der Fig. 4 statt desjenigen der Fig. 3. Durch jene Prozedur war also jeder ursprünglich einfache Kristall in einen Zwilling übergegangen. Daraus folgt, daß diejenigen α -Quarze, die in der Natur aus β -Quarzen hervorgegangen sind, diese ihre Vergangenheit oder Vorgeschichte dadurch verraten müssen, daß sie sich beim Ätzen als Zwillinge erweisen. Durch Ätzen der Quarze eines Granitstöckes oder eines Pegmatitganges kann man also ermitteln, ob deren α -Quarze sich einst als solche oder ursprünglich als β -Quarze aus dem Magma ausgeschieden haben, d. h. ob die Ausscheidungstemperatur unterhalb oder oberhalb $+575^\circ \text{ C}$ lag.

Der Quarz spielt demnach die Rolle eines natürlichen geologischen Thermometers.

Unter diesem Gesichtspunkt unternahmen F. E. Wright und E. Larsen (1909) Ätzversuche an Quarzen, die aus Granitstöcken, Granitgängen, Pegmatitadern und -drusen (Geoden) sowie aus Erzadern stammten. Diese Versuche ergaben, daß die Quarze der Granitstöcke und Granitgänge oberhalb $+575^\circ$, diejenigen der Pegmatite und ihrer Drusen unterhalb dieser Temperatur ausgeschieden worden sind. Somit erhält man für die Bildung der Granite eine untere, für die der Pegmatite eine obere Temperaturgrenze, nämlich beide Male $+575^\circ$. Daß in der Tat die Genese der Pegmatite aus den wasserreichen Magmaresten bei tieferen Temperaturen vor sich ging als die vorherige Bildung des Granitmassives, war bereits aus der Einleitung dieses Kapitels zu ersehen.

Zum Schluß sei noch kurz auf die Frage eingegangen, ob nicht der mehr oder weniger hohe in der Tiefe herrschende Druck die für gewöhnlichen Atmosphärendruck ermittelte Umwandlungstemperatur $t_u = +575^\circ$ erheblich verschiebt. Diese Frage wird beantwortet durch Anwendung der Clausius-Clapeyronschen Formel

$$\frac{dT_u}{dp} = \frac{T_u(v_\beta - v_\alpha)}{r} \dots \dots \dots (1)$$

Hiernach ist die mit einer Drucksteigerung von dp Dynen/cm² verbundene Erhöhung dT_u der Umwandlungstemperatur gleich dem Produkt aus der absoluten Umwandlungstemperatur T_u (bei gewöhnlichem Luftdruck, also $575^\circ + 273^\circ$) und der Differenz der spezifischen Volumina v_β und v_α von β -Quarz und α -Quarz, dividiert durch die in Erg ausgedrückte Wärmeabsorption beim Übergang von α -Quarz in β -Quarz.

Man berechnet durch Einsetzen der betreffenden Werte in (1), daß selbst ein Druck von 1000 Atmosphären die Größe T_u nur um etwa $+15^\circ$ erhöht.

(Schluß folgt.)

Die Grundlagen der Erregung und der Erregungsleitung in der lebendigen Substanz.

Von Priv.-Doz. Dr. Walter Thörner, Bonn.

II.

Die Untersuchung der *Erregbarkeitsverhältnisse während des Ablaufs einer Erregung* hat viele allgemein-physiologisch wichtige Vorgänge aufgeklärt. Trifft ein neuer Reiz ein lebendiges System zu einer Zeit, da soeben auf einen ersten Reiz hin alle zerfallsfähigen Moleküle zerfallen sind, während ein wesentlicher Neuaufbau noch nicht stattgefunden hat, so kann er nichts zum Zerfall bringen und muß also wirkungslos bleiben, so stark er auch sein mag. In dieser Zeit, die etwa der Dauer der Dissimilationsphase entspricht, ist jede Form lebendiger Substanz völlig unerregbar für jeden beliebigen Reiz. Man nennt diese Zeit das *absolute Refraktärstadium*, gemäß der von Marey entdeckten „phase refractaire“ des Herzmuskels. Es ist sehr kurz und beträgt z. B. beim Nerven des Frosches nur 0,001 Sekunden, beim Skelettmuskel etwa 0,005 Sekunden, bei der Ganglienzelle aber schon 0,1 Sekunde. Erfolgt dagegen der neue Reiz etwas später, in einem Zeitpunkt, wenn schon durch die assimilatorischen Vorgänge eine gewisse Menge neuer zerfallsfähiger Substanz wiederhergestellt ist, so kann er diese zum Zerfall bringen, falls er stark genug ist, die Schwelle der noch herabgesetzten Erregbarkeit zu überwinden. Dieses Stadium, in welchem eine unvollkommene Erregbarkeit wieder vorhanden ist und in welchem starke Reize eine stärkere Erregung auslösen als schwache, bezeichnet man eben mit Relation auf die Reizstärke als *relatives Refraktärstadium*. Es ist im wesentlichen auf die Zeit des Überwiegens der assimilatorischen Vorgänge beschränkt und endet erst mit der völligen Restitution. Das gesamte Refraktärstadium, absolutes und relatives zusammen genommen, entspricht wiederum der Dauer der Erregung. Das Refraktärstadium ist zuerst am Herzmuskel beobachtet worden, der während der Kontraktionsphase unerregbar ist für jeden neuen Reiz. Eine Errungenschaft der letzten Jahre ist jedoch die Erkenntnis, daß das Refraktärstadium eine notwendige Eigenschaft aller lebendigen Substanz ist, daß es eben nichts anderes darstellt als einen besonderen Ausdruck des Erregungsstoffwechsels, bei dessen zeitlicher Betrachtung, und daß es für die Erklärung aller Reizvorgänge von fundamentaler Bedeutung ist.

Die Dauer des Refraktärstadiums unterliegt

allen den Einflüssen, die die Ablaufgeschwindigkeit des Erregungsstoffwechsels bestimmen, und zwar vor allem der Assimilationsphase, da das dieser entsprechende relative Refraktärstadium den bei weitem größeren Anteil am Gesamtrefraktärstadium hat. Daher besteht eine direkte Abhängigkeit von der Art und dem Zustand der lebendigen Substanz. Verschiedene lebendige Systeme haben sehr verschieden lange Refraktärstadien. Von großem Einfluß sind ferner äußere Faktoren, vor allem *Temperatur* und *Sauerstoff*. Abkühlung bewirkt eine Verlängerung, Erwärmung eine Verkürzung des Refraktärstadiums. Das ist ohne weiteres verständlich, da ja die zugrunde liegenden chemischen Umsetzungen ihre Geschwindigkeit mit der Temperatur im Sinne der Regel *van't Hoff's* ändern.

Der *Einfluß des Sauerstoffs* auf das Refraktärstadium ist natürlich auf die aeroben Organismen beschränkt, aber hier von um so größerer Bedeutung, als auf den Eintritt von *Sauerstoffmangel* eine Reihe wichtiger physiologischer Vorgänge zurückzuführen sind. Daß der Erregungsstoffwechsel der Aerobier gerade auf einer Steigerung der oxydativen Prozesse in der lebendigen Substanz beruht und daß daher die Anwesenheit einer genügenden Menge Sauerstoff nicht nur zur Erhaltung des Lebens überhaupt, sondern speziell zur Ermöglichung von Erregungen erforderlich ist, hörten wir schon. Bringen wir z. B. eine gewisse Strecke eines Froschnerven in ein indifferentes sauerstoffreiches Medium, so sehen wir die Erregbarkeit derselben nach Maßgabe des Verbrauches des noch im Gewebe enthaltenen Sauerstoffs allmählich sinken und schließlich erlöschen, um aber bei Sauerstoffzufuhr schnell zurückzukehren. Es braucht also der Sauerstoffmangel kein absoluter zu sein, um zu einer Herabsetzung der Erregbarkeit zu führen. Diese nimmt vielmehr sogleich ab, sobald die vorhandene Sauerstoffmenge für den augenblicklichen Bedarf nicht mehr ausreicht. Es handelt sich auch bei den zu besprechenden Erscheinungen um einen *relativen Sauerstoffmangel*. Der Einfluß desselben macht sich zuerst auf die Erholungsphase des Erregungsstoffwechsels geltend, die Assimilation wird mehr und mehr verlangsamt und schließlich unvollkommen; zeitlich betrachtet, das *relative Refraktärstadium wird verlängert*.

Wir können uns das Zustandekommen dieser Erscheinungen etwa folgendermaßen erklären: Je geringer der Sauerstoffpartialdruck ist, um so langsamer kann er einerseits zu den Orten des Verbrauchs hinduzufundieren, so daß seine Einfügung beim Aufbau neuer Moleküle Not leidet, und der die Erregbarkeit bedingende hohe Labilitätsgrad um so später oder schließlich gar nicht mehr erreicht wird. Um so unvollkommener verläuft andererseits die Verbrennung selbst und die weitere Oxydation der Spaltungsprodukte, so daß sich diese in größeren Bruchstücken anhäufen, da für sie schlechtere Diffusionsbedingungen be-

stehen, und so den weiteren Ablauf des Stoffwechsels hemmen. Infolge ungenügenden Aufbaus und Ansammlung der Zerfallsprodukte muß auch der Zerfall selbst geringer werden. So sehen wir sekundär auch die Dissimilation beeinträchtigt werden, was zum Ausdruck kommt in der Abnahme der Energieproduktion, an der wir die Erregung erkennen. Räumlich betrachtet besteht also der Einfluß des Sauerstoffmangels in einer Herabsetzung der Größe, des Umfanges des Erregungsstoffwechsels und damit der Energieentfaltung, zeitlich betrachtet in einer Verringerung seiner Ablaufgeschwindigkeit, in einer Dehnung des Refraktärstadiums, vor allem des relativen.

Auf einem sich entwickelnden relativen Sauerstoffmangel kann der *Umschlag einer anfänglich erregenden Reizwirkung in eine lähmende*, von dem wir oben sprachen, beruhen. Wenn ein Reiz länger einwirkt oder eine gewisse Intensität überschreitet, können die dissimilatorischen Vorgänge derart gesteigert sein, daß die in der Zeiteinheit mögliche Sauerstoffversorgung nicht mehr ausreicht, den erhöhten Verbrauch zu decken. In solchen Fällen läßt sich durch Erhöhung des Sauerstoffpartialdruckes, d. h. seiner Konzentration in dem umgebenden Medium, der Eintritt der Lähmung hinausschieben. Hierher gehören vor allem die Erscheinungen der Wärmelähmung und der Ermüdung.

Bei der *Wärmelähmung* stellt die mit der Temperatur steigende Stoffwechselgeschwindigkeit speziell der Verbrennungsvorgänge das Moment dar, das zu einem Unzureichendwerden der Sauerstoffversorgung führt. Die Höhe der Temperatur, bei welcher die Lähmung eintritt, liegt bei den meisten tierischen Organismen zwischen 30 und 40° C, zeigt jedoch sehr bedeutende Schwankungen über diese Grenzen hinaus, die von der spezifischen Grundgeschwindigkeit der Lebensprozesse der einzelnen Arten und ihrer Organe abhängen. Durch Abkühlung ist die Lähmung prompt zu beseitigen, falls nicht schon bleibende Zustandsänderungen bei den Kolloiden der lebendigen Substanz eingetreten sind, wie Gerinnung von Eiweißkörpern, die als Wärmestarre bezeichnet werden.

Die *Ermüdung* darf als allgemeinphysiologisch bedeutsame Erscheinung unter den Reizerfolgen eine eingehendere Erörterung beanspruchen. Auch sie stellt eine Lähmung dar, eine Arbeitslähmung. Sie *beruht auf der zunehmenden Verlängerung des relativen Refraktärstadiums infolge sich ausbildenden relativen Sauerstoffmangels* und kommt zum Ausdruck in der Abnahme der Arbeitsleistung, d. i. der Größe der Erregungen bei einem Organ, das durch andauernde Reizung in Tätigkeit gehalten wird.

Lassen wir erregende Reize in rhythmischer Folge auf ein lebendiges System einwirken, derart, daß die Reizzwischenräume etwas kleiner sind als das spezifische Gesamtrefraktärstadium des

betreffenden lebendigen Systems — am Froschnerven also z. B. 10 Reize pro Sekunde, am Muskel genügt schon eine geringere Reizfrequenz —, so fällt jeder folgende Reiz in das relative Refraktärstadium der vorausgehenden Erregung. Er kann also nur eine untermaximale Erregung auslösen, indem er nur die Menge zerfallsbereiter Substanz zur Zersetzung bringt, die bis dahin wieder aufgebaut war. Da er dadurch den Sauerstoffverbrauch steigert, ohne daß in den Reizpausen genügend Sauerstoff frisch hinzudiffundieren kann, verlängert er das Refraktärstadium. (Das geht daraus hervor, daß man durch Steigerung des Sauerstoffpartialdruckes die Ermüdbarkeit verringern kann; es wird dann eine größere Reizfrequenz zur Ermüdung erforderlich.) So werden aber die Refraktärstadien immer länger, als zeitlicher Ausdruck der Dehnung der Restitutionsprozesse. Die folgenden Reize finden immer weniger Substanz restituiert vor, und daher werden die von ihnen ausgelösten Erregungen immer kleiner, und damit auch die Energieproduktion, die Arbeitsleistung. Das nennen wir Ermüdung. Schließlich aber stellt sich in einer gewissen Ermüdungstiefe ein *Gleichgewichtszustand* ein, indem nun durch jeden Reiz gerade noch so viel zum Zerfall gebracht wird, wie in den Reizpausen wiederhergestellt werden kann, indem Dissimilation und Assimilation und Sauerstoffverbrauch und -zufuhr gleichen Schritt halten. In welcher Höhe dieses Gleichgewicht liegt, d. h. wie tief die Ermüdung getrieben werden kann, hängt neben der Eigenart des erregten Organes von der Intensität und Frequenz der Reizung, ferner vom Sauerstoffpartialdruck und von der Temperatur ab. Verstärkung der Reize, Sauerstoffentziehung und Herabsetzung der Temperatur drücken das Niveau des Gleichgewichtes herab, vertiefen die Ermüdung, indem sie das Refraktärstadium verlängern. Schnelle Reizfolge wirkt im selben Sinne. In all diesen Fällen treffen die folgenden Reize in tiefere Stadien der refraktären Phase, wo die Restitution weniger vorgeritten ist.

Umgekehrt erzielen wir mit schwächeren Reizen, unter höherem Sauerstoffdruck oder bei höheren Temperaturen (unterhalb der Wärmelähmung) nur geringere Ermüdungstiefen, da die Erholung unter diesen Bedingungen schneller vollendet, das Refraktärstadium kürzer ist. So erweist sich z. B. der Nerv des Kalt- und Warmblüters bei Temperaturen über 34° C als kaum noch ermüdbar, da er an sich schon ein sehr kurzes Refraktärstadium besitzt.

Aus der Tatsache des Refraktärstadiums lassen sich auch die *Hemmungserscheinungen* erklären, die beim Antagonismus unserer Muskel-tätigkeit und überhaupt für die Koordination der Erregungen im Zentralnervensystem eine wichtige Rolle spielen. Da wir wissen, daß die Ganglienzellen, die ein relativ langes Refraktärstadium besitzen, sich rhythmisch entladen, und daß die

Muskelbewegungen normalerweise durch solche rhythmischen Impulse (beim Menschen 18—20 pro Sekunde) erzeugt werden, so können wir uns die Hemmungen erklären aus der Interferenz zweier Reizserien in einer gemeinsamen Strecke. Es werde z. B. eine motorische Ganglienzelle durch Reize von irgendeiner sensiblen Bahn her in rhythmische Erregung versetzt, so daß der zugehörige Muskel in tetanische Kontraktion gerät. Lassen wir nun von einer anderen Bahn her eine andere schwächere Reizserie auf dieselbe Ganglienzelle einwirken, so fallen diese neuen Reize in die Refraktärstadien der Erregungen der ersten Serie. Sie sind zu schwach wirksam, um eine am Muskel erkennbare Erregung auszulösen, verlängern aber das Refraktärstadium, indem sie die geringe Menge eben aufgebauten Substanz wieder zum Zerfall bringen. Daher fallen nun auch die Reize der ersten Serie in die verlängerten Refraktärstadien hinein, finden eine ungenügende Restitution vor und bleiben unwirksam oder rufen nur eine unterschwellige Erregung hervor. Der Muskel erhält keine Impulse mehr und erschlafft. Derartige Hemmungen kann man auf den Reflexbahnen des Rückenmarks leicht experimentell darstellen. Die Kenntnis der Eigenschaften des Refraktärstadiums hat weiterhin eine Menge physiologisch und pathologisch wichtiger Vorgänge, wie Bahnung, scheinbare Erregbarkeitssteigerung u. a. m., unserem Verständnis erschlossen. Eine weitere Besprechung würde über den Rahmen dieser Abhandlung hinausgehen, der es nur auf die Darlegung der Grundprinzipien des Erregungsvorgangs ankommt.

Nach dieser etwas eingehenderen Untersuchung des Ablaufs des Erregungsvorganges in der Zeit wollen wir uns nun kurz der Betrachtung desselben im Raume zuwenden, d. h. die Frage nach der *Größe der Erregung* erörtern. Die Größe einer Erregung wird bestimmt durch die Menge zerfallsbereiter Substanz, die durch einen Einzelreiz zum Zerfall gebracht wird, also durch den Umfang der dissimilatorischen Prozesse. Es bieten sich zwei Möglichkeiten, die wir beide im Erregungsstoffwechsel der Organismen verwirklicht finden.

Es gibt lebendige Systeme, in denen unter normalen Bedingungen durch jeden überhaupt nur wirksamen Reiz alles zerfällt, was zerfallen kann. Diese liefern demgemäß, wenn überhaupt etwas, so stets maximale Erregungen, auf starke wie auf schwache Reize. Man nennt sie daher *isobolisch* und sagt, sie folgen dem „*Alles-oder-Nichts-Gesetz*“. Hierher gehören der Nerv, der Herzmuskel und wahrscheinlich auch der Skelettmuskel. Da alle Organe aus einer großen Anzahl gleichartiger Einzelelemente, wie z. B. Nerv und Muskel aus Elementarfibrillen, aufgebaut sind, die nicht alle gleiche Erregbarkeit zu haben brauchen, ist Isobolie stets nur auf Umwegen nachzuweisen und gilt nur für die einzelnen Elementarbestand-

teile. Eine Ausnahme bildet der Herzmuskel, der ein Syncytium von Elementarfasern, gewissermaßen eine einzige große Muskelzelle mit vielen Kernen darstellt. Es ist daher nicht verwunderlich, daß an ihm die Gültigkeit des „Alles-oder-Nichts-Gesetzes“ zuerst aufgefunden wurde. Im übrigen besteht die Möglichkeit, dieses Gesetz auch allgemeiner für Elementarteile solcher Organe anzunehmen, für die es bis jetzt nicht gilt.

Dem isobolischen Typus steht ein anderer gegenüber, den man den heterobolischen nennt. Ein Vertreter desselben ist z. B. die Ganglienzelle. In den *heterobolischen Systemen* richtet sich die Größe des Zerfalls nach der Stärke des Reizes, sie geben auf starke Reize große, auf schwache Reize kleine Erregungen. Es sind dies im allgemeinen die lebendigen Systeme, die von vornherein ein langes Refraktärstadium besitzen. Natürlich gelten die Begriffe der Isobolie und der Heterobolie nur für solche Formen lebendiger Substanz, die völlig ausgeruht und restlos restituiert sind. Im Refraktärstadium sind auch die vorerwähnten isobolischen Systeme heterobolisch, indem sie auf schwache Reize schwache, auf starke Reize starke Erregungen geben, die aber nie über die maximale Erregung des ausgeruhten Systems hinausgehen. Unter Einflüssen, die die Stoffumsatzgeschwindigkeiten verlangsamen und also das Refraktärstadium verlängern, wie z. B. Abkühlung, Erstickung, Ermüdung, Narkose, folgen auch die isobolischen Systeme dem „Alles-oder-Nichts-Gesetz“ nicht mehr. Die Kenntnis der soeben besprochenen Verhältnisse, die neuesten Datums ist, hat wiederum eine Reihe wichtiger Vorgänge unserem Verständnis näher gebracht, vor allem auf dem so schwierigen Gebiete der Physiologie des Zentralnervensystems. Ihre Bedeutung für die Erscheinungen der Erregungsleitung werden wir im folgenden erfahren.

Bisher haben wir den Erregungsvorgang besprochen, wie er sich als primärer Reizerfolg am Orte der Reizung selbst abspielt. Aber die Erregung bleibt nicht lokalisiert, sondern sie pflanzt sich fort, breitet sich über das betroffene lebendige System aus, indem die primäre Gleichgewichtsstörung, die durch den Reiz gesetzt wurde, zu weiteren Störungen des Gleichgewichts der umgebenden Teile führt. Wir hatten diesen *Ausbreitungsprozeß der Erregung* als sekundären Reizerfolg bezeichnet. *Jede Form der lebendigen Substanz besitzt diese Eigenschaft, Erregungen räumlich fortzuleiten* und zu übertragen, wenn auch die einzelnen in sehr verschiedenem Maße. Nur durch Erregungsleitung ist ein geordnetes Zusammenarbeiten der verschiedenen Zellsysteme eines Organismus ermöglicht. Aber wohlgemerkt, es ist der Erregungsvorgang, der sich fortpflanzt, nicht der Reiz. Der Reiz, sei es Druck oder Wärme oder Elektrizität, kann sich wohl physikalisch am Reizort über einen gewissen Raum ausbreiten und so eine Vielzahl einzelner erreg-

barer Elemente treffen, so daß sich der Gesamterfolg summiert mit zunehmender Reizstärke. Die Erregung aber ist in ihrem weiteren Ablauf über die lebendige Substanz streng an das Elementargebilde gebunden, in dem sie ausgelöst wurde; sie springt nicht über auf anatomisch benachbarte Elemente, sondern sie löst nur da, selbst als Reiz wirkend, wiederum Erregungen aus, wo sie physiologische Verbindungen findet. So können wir z. B. auch die streng isolierte Leitung in den feinsten Nervenfibrillen verstehen, ohne welche es keine geordnete Tätigkeit unseres Zentralnervensystems gäbe.

Die *Fortpflanzung der Erregungswelle* kann man vergleichen mit dem Fortschreiten der Schwingungswelle an einem Seil oder mit der Ausbreitung des Wellenringes auf einer Wasseroberfläche. Teilchen nach Teilchen wird von der Schwingung ergriffen. Die Geschwindigkeit dieser Ausbreitung ist außerordentlich verschieden und von mannigfachen Faktoren abhängig. Wie jede Form lebendiger Substanz ihre spezifische Erregbarkeit besitzt, so hat sie auch ihre spezifische Leitungsgeschwindigkeit für die gesetzte Erregung. Beide gehen gewissermaßen parallel.

Die *Leitungsgeschwindigkeit der Erregung* zeigt in aufsteigender Entwicklungsreihe der Organismen mit der immer feineren Differenzierung ihrer Einzelorgane eine gewaltige Zunahme. Beträgt sie im Protoplasma Einzelliger, z. B. in den Pseudopodien der Rhizopoden, nur Bruchteile von Millimetern in der Sekunde, so erreicht sie im Muskel des Menschen bereits mehrere Meter pro Sekunde. Seine höchste Ausbildung erfährt der Mechanismus der Erregungsleitung in der Nervenfasern, die als spezifisches Leitungsorgan für Erregungen differenziert ist. Hier finden wir daher die höchsten Leistungsgeschwindigkeiten mit 50, nach neuen Untersuchungen gar über 100 m pro Sekunde für den menschlichen Nerven. Man kann die Geschwindigkeit der Erregungsleitung bestimmen, indem man einen Nerven nacheinander an zwei räumlich getrennten Punkten reizt und dann an der graphisch verzeichneten Kurve der Muskelzuckungen ausmißt, um wieviel später die Kontraktion bei Reizung von dem entfernteren Punkt aus beginnt.

Auf Grund unserer Kenntnisse über den Erregungsvorgang müssen wir uns das Fortschreiten desselben über die Länge der lebendigen Substanz so vorstellen, daß Querschnitt nach Querschnitt in ihr von der zweiphasischen Stoffwechselschwankung der Erregung ergriffen wird, indem die beim Zerfall jeweils freiwerdende Energie den Reiz darstellt für den Zerfall im benachbarten Querschnitt.

Der Nerv, der Herzmuskel und wahrscheinlich auch der Skelettmuskel, also die vorerwähnten *isobolischen Systeme*, leiten unter normalen Bedingungen „dekrementlos“. D. h. die Erregungswelle erfährt bei ihnen während ihres Ablaufs über die ganze Länge des Organes keinerlei Ein-

buße, weder an Größe noch an Geschwindigkeit. Sie kommt genau so am Ziele an, wie sie den Ausgangsort verließ.

Dagegen leiten alle *heterobolischen Systeme mit Dekrement*. In ihnen nimmt die Erregungswelle fortschreitend an Größe und Geschwindigkeit ab und kann, ist die Strecke lang genug, erlöschen, ohne das Ende des betreffenden Systems erreicht zu haben. Ein derartiges Erlöschen der Erregung kann selbst in den meterlangen Bahnen unserer Nerven, solange sie unter natürlichen Bedingungen und also isobolisch bleiben, nicht vorkommen. Machen wir den Nerven aber z. B. durch *Sauerstoffentziehung* heterobolisch, so erhält er sogleich ein starkes Dekrement der Leitung. Zur Aufhellung dieser Erscheinungen diene folgendes:

Haben wir ein isobolisches System vor uns, so liefert jeder Querschnitt, der von der Erregung erfaßt wird, durch seinen restlosen Zerfall („Alles oder Nichts“) eine maximale Erregung. Daher muß die fortschreitende Erregungswelle maximal bleiben. Nehmen wir dagegen eine heterobolische Substanz, in welcher die Erregungsgröße von der Reizstärke abhängt, so erfolgt schon im ersten Querschnitt kein maximaler Zerfall; die dem zweiten Querschnitt als Reiz aus dem untermaximalen Zerfall des ersten gelieferte Energiemenge ist daher kleiner als der Reiz für den ersten, also ist auch der Zerfall im zweiten Querschnitt wiederum kleiner. Und so nehmen die bei den Erregungen in den einzelnen Querschnitten frei werdenden Energiemengen, die immer als Reize für den Zerfall des nächsten Querschnitts dienen, und die Erregungen selbst umschichtig an Größe ab. Mit dem Dekrement der Erregungsgröße geht aber Hand in Hand ein solches der Leitungsgeschwindigkeit. Werden die Erregungen kleiner, so werden sie nicht nur weniger weit, sondern auch weniger schnell übertragen, indem die produzierte Energiemenge, die als übertragender Reiz für den nächsten Querschnitt dienen soll, kleiner ist und daher langsamer die Reizschwelle erreicht, d. h. ein längeres Latenzstadium aufweist.

Auf Grund dieser Anschauungen müssen wir annehmen, daß nur bei heterobolischen Systemen eine gewisse Abhängigkeit der Erregungsleitung von der Intensität des primären Reizes besteht, indem bei ihnen die Erregungen über um so größere Strecken und mit um so größerer Anfangsgeschwindigkeit geleitet werden, je stärker der Reiz ist. Die Erfahrung bestätigt das. Dabei bedingt der jeweilige Zustand der lebendigen Substanz den Grad der Heterobolie und damit die Stärke des Dekrements.

An isobolischen Systemen, z. B. an normalen Nerven, ist jedoch nachgewiesenermaßen die Leitungsgeschwindigkeit gleichförmig und völlig unabhängig von der Reizstärke und die räumliche Leitung nur anatomisch begrenzt.

Sehr bedeutend ist bei allen Formen lebender Substanz der *Einfluß der Temperatur* auf die Ge-

schwindigkeit der Erregungsleitung. Mit steigen der Temperatur nimmt sie zu, zwischen $+5^{\circ}$ und $+30^{\circ}$ C etwa um das Zweifache bei Erwärmung um 10° . Darin kommt die Beschleunigung der Lebensprozesse durch Temperatursteigerung zum Ausdruck, die dem Temperaturkoeffizienten für chemische Umsetzungen ungefähr entspricht. Außerhalb der angegebenen Breiten kommen andere Faktoren ins Spiel, die begrenzend wirken.

Nun harrt zum Schluß noch das Problem der Lösung, wie wir uns den *feineren Mechanismus der Erregungsleitung* vorzustellen haben, vor allem, welche Energieformen es sein mögen, die die Erregung räumlich übertragen.

Die alte Annahme, daß es sich um eine einfache Elektrizitätsleitung handle, etwa wie in einem Telegraphendraht, mußte fallen gelassen werden, als man den gewaltigen Unterschied zwischen Elektrizitäts- und Erregungsleitung kennen lernte. Ein einfacher physikalischer Prozeß kann uns nicht dienen zur Erklärung eines Vorganges, bei welchem chemische Umsetzungen zugrunde liegen. Es ist die zweiphasische Stoffwechselschwankung, Zerfall und Wiederaufbau, welche sich über das lebendige System ausbreitet, Querschnitt nach Querschnitt desselben ergreifend. Man könnte diesen Vorgang viel eher mit dem Abbrennen einer Zündschnur vergleichen, wobei ja auch Teilchen nach Teilchen durch Oxydation zerfällt und Energie frei wird. Der Vergleich ist nur insofern nicht zutreffend, als in der lebendigen Substanz dem Zerfall auf dem Fuße die Regeneration folgt und als bei ihr wahrscheinlich nicht die *Wärme* die Energieform darstellt, die den Verbrennungsprozeß übermittelt. Wir wissen zwar, daß Wärme bei der Erregung frei wird und können sie vielfach nachweisen, aber da die Menge der eigentlichen erregbaren Substanz sehr gering ist im Vergleich zu den großen Massen nicht direkt beteiligter Stoffe, wie z. B. Wasser mit allein ca. 70 %, auf die die Wärme sich verteilen muß, so müßten wir die Temperatur, die bei einem derartigen Wärmeverlust noch als Reiz wirken sollte, als im Moment ihres Entstehens so ungeheuer hoch annehmen, wie es mit den Lebensprozessen kaum vereinbar wäre. Außerdem erreicht ein Wärmeanstieg nur schwer die Steilheit, die wir von einem erregenden Reiz verlangen.

Viel wahrscheinlicher ist die Annahme, daß hier *elektrische Reize* in Frage kommen. Die Elektrizitätsproduktion ist eine allgemeine Eigenschaft in Erregung befindlicher lebendiger Substanz. Vielfach können wir von ihr Ströme, die Aktionsströme, ableiten und messen. Speziell am Nerven stellen diese Aktionsströme die einzige Energieform dar, die uns von seiner Tätigkeit direkt Kunde gibt. Wie kommt es zur Entstehung solcher Potentialdifferenzen in der lebendigen Substanz?

Bei der Beantwortung dieser Frage kommen

uns die neueren Erfahrungen der physikalischen Chemie zur Hilfe: Halten wir zwei verschiedene Lösungen durch eine Membran von besonderer Eigenschaft, eine sogenannte semipermeable Membran voneinander getrennt, so kann ein Austausch zwischen ihnen nicht mehr durch einfache Diffusion erfolgen. Die Membran hat die Eigentümlichkeit, gewisse Stoffe gut hindurch zu lassen, andere schlechter oder gar nicht. Es entwickeln sich also die Erscheinungen der Osmose. Da nun die in Lösungen dissoziierten Stoffe Träger elektrischer Ladungen sind, so können z. B. durch die Membran die positiven Kationen hindurchgehen, während die negativen Anionen zurückgehalten werden. Es wird sich also zwischen den beiden Seiten der Membran eine Potentialdifferenz herausstellen, die, wenn sie eine gewisse Größe erreicht hat, sich durch einen Strom ausgleichen kann.

Nun haben wir im Protoplasma der lebendigen Substanz derartige Grenzschichten von semipermeablem Charakter in Menge, die sogar in der von Bütschli beobachteten Schaum- oder Wabenstruktur des Protoplasmas in bestimmter morphologischer Anordnung zum Ausdruck kommen. Wir können uns auf Grund des Gesagten den Mechanismus der Erregungsleitung vielleicht folgendermaßen vorstellen: Durch einen Reiz wird ein Zerfall labiler Moleküle in einem beschränkten Bezirk lebendiger Substanz ausgelöst. Dadurch werden chemische Differenzen geschaffen zwischen dieser Stelle und den benachbarten Bezirken, die sich auszugleichen bestrebt sind. Eine einfache Diffusion wird durch die semipermeablen Grenzschichten der Bezirke (evtl. Bütschlis Wabenwände) verhindert, die nur gewisse Stoffe hindurchtreten lassen mit gewissen elektrischen Ladungen. Daher müssen sich als Folge der chemischen nun auch elektrische Differenzen, d. h. ein Potentialgefälle herausbilden, das sich schließlich durch einen kleinen lokalen Strom wieder ausgleicht. Dieser kleine Stromstoß wirkt dann als erregender Reiz, der im Nachbarbezirk einen Zerfall auslöst. So kann die Erregung über das ganze lebendige System verlaufen, von Querschnitt zu Querschnitt übertragen durch osmotisch-elektrische Energie.

Die Ausbreitung der Erregung in der lebendigen Substanz hatten wir oben als sekundären Reizerfolg bezeichnet. Unter dem dritten Glied des Reizvorganges fassen wir alle die Prozesse zusammen, durch welche die Erregungen äußerlich zur Erscheinung gebracht werden. Die unendliche Zahl aller Lebensäußerungen der Pflanzen und Tiere sind als tertiäre Reizerfolge aufzufassen. Ihre ungeheure Mannigfaltigkeit wird bedingt durch die Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Formen lebendiger Substanz, in den auftretenden Energieformen und in den Mechanismen, an denen die Energien Arbeit leisten. Eine Besprechung dieser Verhältnisse fällt aus dem Rahmen unserer Abhand-

lung heraus, deren Aufgabe es sein sollte, die Grundlagen des Erregungsvorganges darzulegen, wie sie für alle Formen der lebendigen Substanz gleichermaßen Gültigkeit haben.

Literatur.

- Verworn, Allgemeine Physiologie, Gustav Fischer, Jena 1919.
Verworn, Erregung und Lähmung, Gustav Fischer, Jena 1914.
Pütter, Vergleichende Physiologie, Gustav Fischer, Jena 1911.
Pütter, Studien zur Theorie der Reizvorgänge, Pflügers Archiv Bd. 171, 1918.

Über Salzhunger und Geophagie (Erdessen) bei den Naturvölkern.

Von Med.-Rat Prof. Dr. L. Külz, Altona.

Wenn wir einem Menschen die reichlichsten Mengen der drei Hauptnährstoffe Eiweiß, Fett und Kohlehydrate dauernd in chemisch reiner Form zuführen würden, so müßte er doch schließlich zugrunde gehen. Unser Organismus bedarf noch anderer Substanzen, die an Menge zwar weit hinter den genannten zurückstehen, aber doch von lebenswichtiger Bedeutung sind. Auf eine ganze Gruppe von ihnen, deren nähere chemische Struktur noch unbekannt ist, wurde man erst neuerdings beim Studium bestimmter Stoffwechselerkrankungen aufmerksam; man hat sie wegen ihrer vitalen Bedeutung mit dem Sammelnamen der Vitamine belegt, die durch ihren Ausfall verursachten Leiden als Avitaminosen. Als eine der bekanntesten von ihnen sei die Beriberi herausgegriffen, die bei einseitiger Ernährung mit geschältem, poliertem Reis den Menschen befällt und unbehandelt unter Lähmungserscheinungen oder allgemeiner Hydropsie (Wassersucht) zum Tode führt. Da nur der geschälte, des sogen. Spelzhäutchens beraubte Reis, niemals aber der ungeschälte Beriberi verursacht, ist das Vitamin in dieser Pflanzenhülle zu suchen und besteht nach neueren Forschungen wahrscheinlich in einer organischen Phosphorverbindung. Genauer und länger bekannt ist uns eine 2. Gruppe von Substanzen als unentbehrlich für den menschlichen Stoffwechsel, die Salze, obenan das Kochsalz. Die Selbstverständlichkeit, mit der jeder Kultur Mensch seinen Kochsalzbedarf in der täglichen Nahrung mühelos deckt, besteht keineswegs für alle Erdenbewohner. Ein Bild größter Salznot bot uns im Kriege Serbien, das ohne eigene Salzgewinnung von der Einfuhr abhängig war, und als diese bei unserem Vormarsch 1916 unterbunden wurde, und die geringen Vorräte aufgezehrt waren, einen ganz ungeheuren Salzhunger der gesamten Bevölkerung zeigte. Ehe Zufuhren aus Österreich und Deutschland den dringendsten Bedarf decken konnten, war Salz der von jung und alt, hoch und niedrig allerorten mit größter Leidenschaft von uns begehrte und erbettelte Artikel. Lange Zeit konnte man für Salz alles bei den Serben eintauschen. Was

dort eine akut gesteigerte, vorübergehende Kriegererscheinung war, ist für viele Naturvölker ein chronischer Zustand, ja man kann in vielen Gegenden Afrikas und der Südsee von einem Kampf ums Salz sprechen. Während sich die an der Küste des Meeres sitzenden Stämme diese unerschöpfliche natürliche Salzquelle nutzbar machen, ist der Inländer im Urzustand dem Salzhunger ausgesetzt, außer wo Steinsalz für ihn zu Tage liegt. Dieses ist denn auch seit langer Zeit ein vielbegehrter, hochwertiger Tauschartikel im Handel der Afrikaner unter sich. Es genügt aber nicht, um den gesamten Inlandsbedarf zu decken. In unserer Kolonie Neu-Guinea fehlt es dem Inländer vollkommen, und die Folge davon ist ein unwiderstehlicher Drang der salzhungrigen Stämme nach der Küste, sei es um dauernd dort Fuß zu fassen, sei es um vorübergehend sich am Salzwasser satt zu trinken und Salzvorräte mit in die Heimat zu nehmen. Von den primitiven Methoden eines solchen Salz-Inlandtransportes, die ich dort kennen lernte, wurden vor allem zwei geübt: das Mitnehmen durch Verdunsten oder Kochen konzentrierten Seewassers in riesigen hohlen Bambusstangen oder das Imprägnieren von Holzstücken mit Salzwasser, die später in der Heimat zu salzhaltiger Asche verbrannt werden. Wie stark der Drang der Inländer nach Salz sein muß, erhellt daraus, daß sie Entfernungen von mehreren Tagereisen zurücklegen und dabei stets die Gefahr feindlicher Kollision mit den Küstenstämmen oder selbst räuberischen und kannibalischen Überfall in Kauf nehmen müssen. Wo brakige Binnengewässer oder Salztümpel bekannt geworden sind, erfreuen sie sich eines gleich starken Zuspruches aus weiter Entfernung. In unseren afrikanischen Schutzgebieten gibt es mehrere solcher berühmten Salzpflanzen, von denen einige sogar tausendfach vom Wild aufgesucht werden, und wohin die viehzüchtenden Eingeborenen von Zeit zu Zeit ihre Herden treiben. Der deutsche Handel nach Afrika kam durch eine jährlich immer mehr steigende Salzeinfuhr dem Bedürfnis der Neger entgegen. Die Jahresmenge allein für Kamerun hatte vor Kriegsbeginn rund 10 Millionen kg erreicht, wovon aber bei den noch mangelhaften Verkehrswegen nur wenig ins tiefere Inland gelangte und bei weitem noch nicht der Bedarf der 2½ Millionen Bewohner gedeckt war. Auf einer Expedition im Innern Südkameruns erlebte ich, daß mir die Weiber der Dörfer kilometerweit nachliefen, dauernd ihre Handteller beleckend, zum Zeichen dessen, was sie begehrt. Soweit mein geringer Vorrat reichte, wurde ihr Wunsch befriedigt, wobei ich mehrfach die Probe angestellt habe und ihnen die Wahl ließ zwischen einem Häufchen Salz und Zucker, für den sonst alle Naturkinder sehr schwärmen. Sie wählten stets das Salz und leckten meist sofort einen Teil des Geschenkes auf. Man konnte ihnen also mit Salz ihr Dasein versüßen. Ob

Völker, die dauernd unter Kochsalzmangel zu leiden haben, nicht auch nachweislich Schädigungen der Gesundheit bzw. Widerstandskraft davontragen, ist nicht näher erforscht, aber nach Analogie der Ausfallserscheinungen bei anderen Nährstoffen höchstwahrscheinlich.

Außer dem uns Kulturmenschen verständlichen Kochsalzbedürfnis finden wir nun bei den Naturvölkern aller Erdteile, selbst noch bei Halbkulturvölkern wie den Chinesen, weitverbreitet die Sitte des *Erdessens*, die *Geophagie*; auch in allen unsern Kolonien, wo Verf. ihr forschend nachging, treffen wir sie an. Sie hat die verschiedenste Deutung von ihren Beobachtern gefunden, meist freilich als einer Unsitte. Ich hoffe, wir werden aus unseren Darlegungen eine neue, befriedigendere, eine biologische Erklärung gewinnen. Um als Unsitte zu gelten, ist sie, abgesehen von allen anderen Gründen, viel zu weit verbreitet. Ihre Ubiquität schließt ihre Weiterverbreitung durch Nachahmung aus und zwingt uns zu der Annahme, daß gleiche Bedingungen bei den verschiedensten Völkern die gleiche eigenartige Erscheinung zeitigten, was der Meister der Ethnologie *Bastian* in seiner etwas eigenwilligen Sprache als „Völkergedanken“ bezeichnet. Das Erdessen wird in zwei verschiedenen Formen geübt, einer reinen unvermischten und einer kombinierten. Jener wollen wir uns zuerst zuwenden und vergleichend prüfen, *wer* es betreibt, *wie* es geschieht und *wie beschaffen die genossenen Erden* sind. Die ungezwungene Deutung wird sich danach von selbst ergeben.

Gelegentlich sind viele Naturmenschen ohne ersichtlichen besonderen Grund Geophagen, indem sie die betreffenden Erden als eine Art Gewürz genießen, die einen, wenn man nach dem Grunde fragt, angeblich zur Appetiterhöhung, andere zur Stuhlregelung, noch andere, weil sie ihnen Kraft verleihen sollen usw. usw. Kurz, sie sind Erdesser ohne plausiblen, bewußten Grund, gewissermaßen aus Instinkt. Demgegenüber haben wir aber drei Gruppen von Menschen, die es ganz besonders häufig und mit einer gewissen Regelmäßigkeit sind: 1. Frauen während ihrer Schwangerschaft und Nährzeit, 2. Säuglinge, denen die Mütter, wie ich's in Kamerun oft sah, von Zeit zu Zeit kleine, von ihnen eingespeichelte Erdkügelchen in den Mund schieben; 3. Patienten, die an Krankheiten leiden, welche mit hochgradiger Blutarmut einhergehen, vor allem mit der Wurmkrankheit (*Ankylostomiasis*) behaftete. Die eßbaren Erden Kameruns nun, die dort als Marktware zu haben sind, kamen teils als gebrannte Scheiben von 3—9 cm Dicke und ca. 10 cm Durchmesser, teils in Pulverform in den Handel, hatten weiße, graue oder rötliche Farben, waren aber stets sehr feinkörnig und hatten das glänzende Aussehen eines fetten Tones. In der folgenden Tabelle ist das Ergebnis der chemischen Analyse (auf wasserfreie Substanz berechnet) von drei dieser Erdarten angegeben und eine vierte

aus China stammende, von *Martini* und *Grotte* mitgeteilte¹⁾ zum Vergleich angefügt. Beide Autoren meinten übrigens das Wesen der Geophagie in einer therapeutischen Verwendung der betreffenden Erden analog der *bolus alba* bei Darmerkrankungen zu finden.

Herkunft der Erde	Vom Sanagafluß in Kamerun	Aus Bimbia in Kamerun	Aus Kala- bar (engl.) in Kamerun eingeführt	China
Glühverlust....	2,60	10,19	13,74	8,10
Kieselsäure als SiO ₂	89,07	45,94	59,50	67,36
Ton als Al ₂ O ₃ ..	4,76	21,32	22,58	16,75
Eisen als Fe ₂ O ₃	2,29	18,14	2,49	3,95
Kalk als CaO ..	0,90	0,83	4,80	1,23
Magnesia als MgO	—	1,23	0,99	2,86
Phosphorsäure als P ₂ O ₅	0,29	0,39	0,64	?

Sehen wir von der Tonerde und Kieselsäure als den Grundsubstanzen ab, so ist das Charakteristische und Gemeinsame aller dieser Erden ihr teilweise sogar hoher Gehalt an Eisen, Kalk und Phosphorsäure, welch letztere natürlich nicht als solche, sondern in der Bindung von phosphorsau-rem Kalk in der Erde vorhanden ist. Indirekt ist auch der Tongehalt nicht belanglos, weil er erstens die Formbarkeit der Erden gewährleistet, ihre Glühbarkeit ohne Zerbröckeln ermöglicht, sie besonders fein pulverisieren läßt und dadurch auch die Möglichkeit der Ausnutzung durch die Verdauungssäfte erhöht. Gerade Eisen und Kalk sind nun diejenigen Substrate, deren unsere drei Geophagengruppen in einer weit über die Norm gesteigerten Menge bedürfen. Betrachten wir zunächst die beiden ersten, so braucht der fötale und kindliche Organismus nicht nur wie der Erwachsene den Ersatz der geringen mit Kot und Urin ausgeschiedenen Mengen der anorganischen Nährsalze, sondern eine Aufspeicherung der zum Wachstum nötigen Mengen. Diese sind besonders in der Säuglingszeit mit der höchsten menschlichen Wachstumsintensität sehr beträchtlich. Nach *Munk*²⁾ ist am Wachstum des 1. Lebensjahres das Skelett mit 800—850 g beteiligt = 250 g Kalkphosphat oder 180 g Kalk, so daß allein fürs Knochenwachstum pro Tag 0,4 g Kalk mehr als der Ausscheidung entspricht, verfügbar sein müssen. Für den Aufbau der roten Blutkörperchen bedarf es des Eisens, ebenfalls mehr als der Erwachsene. Wo nimmt nun das Eingeboren-Kind seinen Mineralsalzbedarf her? Fast ausschließlich aus der Muttermilch, die bei Naturkindern oft bis zum 3., ja 4. Lebensjahre seine Hauptnahrung bleibt. Es werden also hohe Anforderungen an den mütterlichen Körper in Auf-

nahme und Abgabe der Erdphosphate während der Schwangerschaft und langen Nährzeit gestellt, die er aus gleich zu nennenden Gründen nicht wie beim Kulturmenschen aus der täglichen Nahrung zu decken vermag. Ganz entsprechend nun diesem physiologisch gesteigerten Bedarf besteht bei den Wurmkranken und anderen schwer Blut-armen ein pathologisch erhöhtes Verlangen zum Ersatz des chronischen Blutverlustes. Beide zu erfüllen ist die Zusammensetzung der eßbaren Erden durchaus geeignet. Bei den Wurmkranken ist die Geophagie, bisweilen in krankhafter Leidenschaftlichkeit, so allgemein, daß einige Autoren sie als Grund der Infektion ansahen, was dadurch auszuschließen ist, daß der Genuß der Erden meist nach einem Trocknungs- oder Glühprozeß erfolgt, dem eventuell beigemengte Wurmlarven nicht widerstehen würden. Ich entsinne mich eines mir von Missionsschwestern zugeführten kleinen Negerkindes, bei dem die Geophagie zur „Allotriophagie“ ausgeartet war, indem es außer Erden allerhand andere Dinge sich einstopfte. In einem leeren Raum isoliert, kratzte es leidenschaftlich den Kalk von den Wänden, um ihn zu verzehren. Es lag eine hochgradige Durchseuchung mit *Ankylostoma* vor, nach deren Heilung prompt auch diese als Unart gedeutete und behandelte Leidenschaft schwand.

Eine Tatsache nun fördert bei allen Naturmenschen den Hang zur Erdesserei und erklärt auch ihre eigentliche Übung außerhalb unserer 3 Hauptgruppen: sie haben sämtlich nicht nur unter der eingangs geschilderten Kochsalzarmut, sondern unter einem allgemeinen Nährsalzmangel ihrer Nahrung (außer NaCl also Kalium, Calcium und Magnesiumphosphat) zu leiden. Ihre vorzugsweise vegetabilischen Nahrungsmittel und selbst ihr Trinkwasser pflegen arm an Kalk und anderen Salzen zu sein, teils an sich wie alle Knollenfrüchte, Mais, Hirse, Reis usw., teils aber auch infolge einer durchgehenden, auffälligen *Armut der tropischen Böden an Phosphorsäure, Kalk und anderen Mineralstoffen*, die im Bereiche menschlicher Siedlungen noch erhöht wird durch eine irrationelle, dunglose Bodenbestellung. So sind alle tropischen Pflanzen trotz üppigen Wachstums und Saftfülle durch die große Wärme bei reichlichen Niederschlägen doch mineralsalzarm. Alle Bodenanalysen aus unseren tropischen Kolonien, um deren Durchführung sich namentlich der jüngst verstorbene Leiter des Landwirtschaftsinstitutes der Universität Halle, *Wohltmann*, verdient gemacht hat, ergaben bei ansehnlichem Stickstoffgehalt diese Armut an mineralischen Nährstoffen, über welche die üppige Vegetation leicht hinwegtäuscht. Sie teilt sich den Nahrungsmitteln des Naturmenschen mit und setzt ihn dem Nährsalzhunger aus, von dem getrieben er nach anderen Quellen seines Bedarfs suchend zu den eßbaren Erden gekommen ist.

Wir erblicken also das Wesen der Geophagie in einem ungedeckten Nährsalzbedürfnis, sei es

¹⁾ *Martini* u. *Grotte*, Deutsche med. Wochenschr. 1910, Nr. 19.

²⁾ Handb. d. Hygiene von *Weyl*, Bd. III, S. 30.

einem physiologischen, sei es einem durch anämisierende Krankheiten pathologisch gesteigerten. Bei der zweiten, kombinierten Form des Erdessens sehen wir einmal eine Verstärkung bzw. Vervollkommnung der erwünschten Wirkung durch Zusatz von Kochsalz oder Pflanzenasche. Aber wir treffen auch eine in ganz andersartigem Sinne „kombinierte Geophagie“ in ungeheurer Verbreitung im fernen Osten an, wo schätzungsweise 200 Millionen Menschen des ganzen indisch-malaiisch-pazifischen Kulturkreises einem geophagischen Genuße huldigen: dem *Betelkauen*. Es pflegt im allgemeinen als ein Genuß wie Rauchen, Schnupfen usw. gewertet zu werden, was es auch zweifellos ist; aber es kommt ihm meiner Überzeugung nach auch noch eine zweite biologische Bedeutung im Sinne der Geophagie zu. Der regelrechte Betelpriem enthält 3 unerläßliche Substrate: 1. das frische Blatt einer hopfenartig wachsenden Pflanze, des *piper methysticum*; 2. als Hauptbestandteil die Nuß der Arekapalme, die überall in den Ländern des Betelkauens mit größter Sorgfalt kultiviert wird; 3. feinpulverisierten staubartigen Kalk; bei unsern kolonialen Südseevölkern meist als gebrannter Muschelkalk gewonnen. Die aufs grüne Blatt gelegte Nuß wird reichlich mit diesem Kalk überzuckert, das Blatt um seinen Inhalt gerollt und als Priem gekaut, wobei Speichel, Arekasaft und Kalk eine intensiv ziegelrote Farbe entwickeln, die sich dem Gebiß und den Lippen des Priemens mitteilt, so daß alle betelkauenden Völker ein dauernd tiefrot gefärbtes Mundwerk haben.

Die Hauptwirkung geht von dem Saft der Arekafrucht aus (dessen wirksamer Bestandteil, das Arecolin, als Wurmmittel im heimischen Arzneischatz Aufnahme gefunden hat) und besteht in Erzielung eines euphorischen, körperliche Anstrengungen erleichternden Zustandes. Der ausgekaute Priem wird ausgespuckt und meist sofort durch einen neuen ersetzt, so daß Leistungen von mehreren Dutzenden am Tage nichts Seltenes sind. Trotz dieser Hauptwirkung der Areka darf nie die Kalkbeilage fehlen. Daß sie tatsächlich in dem von mir angedeuteten Sinne aufzufassen ist, dafür spricht vor allem die Beobachtung, daß Betelkalk und eßbare Erden vikariierend für einander eintreten können. So haben wir im mikronesischen Inselgebiet Eilande, wo der Betel noch keinen Eingang fand, dafür aber die Geophagie getrieben wird, während auf anderen durch Einbürgerung des Betels diese verdrängt worden ist. Ferner treffen wir in Kaiser-Wilhelmsland in Neu-Guinea auf Völkstämme, die beziehungsweise den Kalk des Betelpriems durch eßbare Erden ersetzen. Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist der Muschelkalk durchaus geeignet, eine entsprechende Rolle zu spielen, die wir jenen zuschrieben, und auch das aus kalk- bzw. mineralsalzarmen Böden hervorgehende Bedürfnis liegt überall vor. Eine eigenartige andere Methode, sich gebrannten Kalk zuzuführen, haben

die Chamorros der Südsee, die den zum Genuß bestimmten Mais mit Kalkmilch ansetzen¹⁾.

Zum Schlusse sei der interessanten Tatsache gedacht, daß die menschliche Geophagie ihr Analogon in der Tierwelt hat. In Deutschland sowohl wie in den Tropen wird die „Lecksucht“ der Rinder beobachtet, teils als schwer anämisierende Krankheit, *sui generis*, teils als Vorbote und Symptom der Osteomalakie, die ihren Grund in einer Kalkverarmung des tierischen Organismus hat. In einem der bekanntesten veterinärpathologischen Lehrbücher²⁾ heißt es darüber: „Der Boden der betreffenden Gegenden ist gewöhnlich sehr arm an mineralischen Stoffen, in erster Reihe an Phosphorsäure und Kalk. Steht dabei die Bodenkultur auf primitiver Stufe und wird namentlich die Salzarmut durch geeignete Düngung nicht künstlich ersetzt, so bleiben auch die auf solchem Boden wachsenden Futterpflanzen arm an mineralischen Stoffen.“ Die kranken Tiere belecken den Kalkverputz ihrer Stallungen, die Eisenteile der Futterkrippe, benagen sie auch und verschlucken selbst ganze Stücke davon. In der Grassteppe Kameruns gibt es außer den erwähnten Salztümpeln ganz bestimmte Quellen, zu denen gleichfalls die Rinder für eine Reihe von Tagen getrieben werden, und auf deren Wasser sie sich mit sichtlicher Gier stürzen. Die Analysen dieser Quellen ergaben charakteristischerweise Kochsalzfreiheit bei hohem Gehalt von phosphorsaurem Kalk. Treiben die Eingeborenen die Tiere nicht von Zeit zu Zeit dorthin, so werden sie lecksüchtig. Wir sehen jedenfalls, daß die vergleichende Tierpathologie die biologische Deutung, die wir der menschlichen Geophagie gegeben haben, stützt.

Erosion und Erosionsbasis.

Von Prof. Otto Baschin, Berlin.

Ein wichtiger Teil der Arbeit, welche das fließende Wasser auf der festen Erdoberfläche ausübt, besteht in dem Transport der durch Verwitterung aus dem Zusammenhang des festen Gesteins gelösten lockeren Bodenbestandteile in ein tieferes Niveau. Dabei üben die vom Wasser transportierten Gerölle, Kiese und Sande eine schleifende Wirkung auf die Gesteinsunterlage aus, so daß die abwärts strömende Wassermasse allmählich eine Rinne ausnagt, die ihm zunächst nur als Leitweg dient. Wenn diese Furche jedoch allmählich durch die unablässige, ausfeilende Tätigkeit der mitgeführten Gesteinsbrocken so weit vertieft worden ist, daß die entstandene Hohlform die gesamte, unter normalen Verhältnissen abfließende Wassermasse aufnehmen vermag, so nennt man sie das Bett des Wasserlaufes. Die abtragende Arbeit desselben wirkt aber nicht nur in die Tiefe, sondern sie

¹⁾ Näheres im Amtsbl. fürs Schutzgeb. Neu-Guinea vom 1. Mai 1913.

²⁾ Hutyra und Marek, Bd. I, S. 900.

erstreckt sich auch auf die seitlichen Ufer, indem durch das Tieferlegen des Bettes eine Neigung der Gehänge an den Seiten entsteht, wodurch für die zu beiden Seiten des Wasserlaufes niedergehenden Regenmengen ein Gefälle nach diesem hin geschaffen wird. Die abtragende Tätigkeit des strömenden Wassers hat somit auch ein allmähliches Zurückweichen der beiden Uferböschungen zur Folge. Das Flußbett wird zum Flußtal, dessen Tiefe und dessen Breite oft ein recht erhebliches Ausmaß erreichen können. Diese abtragende und vertiefende Wirkung, welche das fließende Wasser auf die Erdoberfläche ausübt, bezeichnet man in der geographischen Wissenschaft gemeinhin als Erosion, und wir verdanken *Alfred Philippson*¹⁾ eine der ersten und besten wissenschaftlichen Darstellungen der Erosion, ihrer Wirkungen und ihres Endzieles. Er wies nach, daß ein Fluß, wenn er seine Erosionsarbeit vollendet hat, von der Quelle zur Mündung an Gefälle stetig abnimmt. Sein Gefälle bildet also eine Kurve, deren Krümmungsradius nach der Mündung zu immer größer wird, um sich schließlich asymptotisch der Horizontalen zu nähern. Diese Endkurve der Erosion, deren Form von verschiedenen geographischen Faktoren abhängt, nennt *Philippson* die Erosionsterminante. Sie stellt einen theoretischen Endzustand dar, dem die Gefällskurve zustrebt, ohne ihn jedoch in Wirklichkeit völlig zu erreichen, und sie gehört somit zu der Klasse jener dynamischen Gleichgewichtsformen der Erdoberfläche, auf welche in dieser Zeitschrift bereits früher hingewiesen worden ist²⁾.

Von größter Bedeutung nun auf den Verlauf der Erosionsarbeit eines Flusses und somit auch auf die Form der Erosionsterminante ist die Höhenlage desjenigen Niveaus, in welchem die Erosionstätigkeit völlig aufhört, bis zu welchem also das Land in der Theorie abgetragen werden kann. Man bezeichnet es meist als Erosionsbasis, wohl auch als absolutes unteres Denudationsniveau³⁾. Oberhalb dieses Niveaus kann die Erosion wirken, unterhalb desselben ist sie unmöglich. Hebt sich die Erosionsbasis, so tritt eine Verlangsamung der Erosionstätigkeit ein; sinkt sie, so setzt die Erosion mit vermehrter Kraft ein. Wie man sieht, bietet also die Annahme von Hebungen und Senkungen der Erosionsbasis eine ziemlich weitgehende Möglichkeit, für nachgewiesene Änderungen der Erosionstätigkeit eine glaubwürdige Erklärung zu geben.

Durch welche Fläche unserer Erde aber wird die theoretische Erosionsbasis verkörpert? Sieht

man von örtlichen Erosionsbasen ab, wie sie z. B. jeder kleinere See für die in ihn mündenden Flüsse darstellt, so wird als allgemeine Erosionsbasis in den maßgebenden Lehrbüchern der Geologie, Geomorphologie und Geographie fast allgemein der Meeresspiegel angegeben. Es wird dabei mehrfach ausdrücklich betont, daß unterhalb des Meeresspiegels ein Fluß nicht mehr erodieren könne. So heißt es z. B.: „Für alle das Meer erreichende Flüsse bildet der Meeresspiegel die Fläche, unter die die Talaustiefung nicht hinabgehen kann¹⁾,“ und: „Das Flußnetz einer Gegend liegt nicht still, sondern erfährt fortschreitende Vertiefung, solange bis kein Gesteintransport im Wasser mehr möglich ist. Dieses Endziel wird erst bei ganz minimalem Gefälle erreicht, so daß die Flüsse bis nahe zum Meeresniveau einschneiden können²⁾.“ Nun ist es jedoch eine bekannte Tatsache, daß der Boden des Flußbettes bei größeren Strömen in der Nähe ihrer Mündung fast stets unter das Meeresniveau hinabreicht, und zwar oft bis in recht beträchtliche Tiefen. Wäre also das Meeresniveau tatsächlich die Erosionsbasis, so müßten diese Flußbetten entweder auf andere Weise als durch Erosion entstanden, oder sie müßten nachträglich durch eine sogenannte positive Strandverschiebung³⁾ unter dem Meeresspiegel gelangt sein. Beide Möglichkeiten sind natürlich im Einzelfällen denkbar, dagegen erscheint es ausgeschlossen, daß beide oder eine derselben für die Mündungsgebiete wohl aller großen Ströme zutreffen sollten. Es ist auch gar kein Grund zu der Annahme vorhanden, daß der Meeresspiegel der Erosion eine Grenze setzt. Denn solange die Wassermassen eines Flusses sich nach dem Meere hin bewegen, sind sie imstande zu erodieren, und werden dies auch tun, ohne Rücksicht darauf, ob der Boden ihres Bettes höher oder niedriger liegt als der Meeresspiegel. Im Unterlaufe des Amazonasstromgebietes liegt auf Strecken von insgesamt mehr als 1000 km Länge der Boden der Flußbetten unter dem Meeresspiegel, und zwar stellenweise bis zu 100 m und mehr. Trotzdem dürfen wir annehmen, daß die ungeheuren Wassermengen, welche dieser wasserreichste Strom der Erde ins Meer wälzt, heute noch auf die Sohle des Bettes eine starke erosive Tätigkeit ausüben, und es ist keineswegs ausgeschlossen, daß sich diese nach der Einmündung in das Meer auch noch auf dessen Boden erstreckt. Die vorwärts drängende Kraft des Flusses, die in jeder Sekunde 120 000 cbm Wasser in das Meer hinausgeschoben soll, ist sicherlich imstande, unter Zuhilfenahme der mitgeführten Sandmassen auf dem

¹⁾ Ein Beitrag zur Erosionstheorie. Von *A. Philippson*, Petermanns Mitteilungen, Gotha 1886, Bd. 32, S. 67–79.

²⁾ Der Einfluß des dynamischen Gleichgewichtes auf die Formen der festen Erdoberfläche, von *Otto Baschin*. „Die Naturwissenschaften“, Berlin 1918, Bd. 6, S. 355–358.

³⁾ Morphologie der Erdoberfläche. Von *Albrecht Penck*. 1. Teil. Stuttgart 1894, S. 367.

¹⁾ Lehrbuch der Geologie. Von *E. Kayser*. 5. Aufl., I. Teil. Stuttgart 1918, S. 464.

²⁾ Morphologie der Erdoberfläche. Von *Albrecht Penck*. I. Teil. Stuttgart 1894, S. 367.

³⁾ Ein von *Eduard Sueß* eingeführter neutraler Ausdruck für Senkung des Landes oder Ansteigen des Meeres, dem die Bezeichnung „negative Strandverschiebung“ für Hebung des Landes oder Sinken des Meeresspiegels gegenübersteht.

Grunde des seichten Schelfmeeres Rinnen auszu-schürfen.

Wenn wir dies aber zugeben, so müssen wir auch die Erosionsbasis unter den Meeresspiegel verlegen. Ebenso einleuchtend ist jedoch, daß man nun kein bestimmtes Niveau als Grenze der Erosion mehr annehmen kann. Soweit das Wasser des Meeres sich bewegt, ist eine Erosion des Untergrundes möglich. Wir wissen z. B., daß in der Straße von Messina die unter dem Einfluß der Meeresströmung über den Boden hinwegtreibenden Sand- und Kiesmassen häufig die Telegraphenkabel durchscheuern. Bis in welche Tiefen diese Art von submariner Erosion reicht, ist nicht bekannt. Wir müssen aber darauf gefaßt sein, daß sie bis in die größten Tiefen hinab wirksam sein kann, und daß somit als Erosionsbasis die tiefste Stelle des Meeres, also der tiefstgelegene Teil der festen Erdkruste in Betracht kommt. Wenn W. Ule¹⁾ demnach die tiefste Stelle des Landes als Erosionsbasis definiert, so kommt er der Wahrheit näher als diejenigen Autoren, welche die Erosionsbasis in eine Niveaufläche verlegen. Seine Definition wird allgemeingültig, wenn man das Wort Land durch die Bezeichnung feste Erdkruste ersetzt.

In den vorstehenden Ausführungen habe ich mich auf die Erörterung der Vorgänge bei der Erosion durch fließendes Wasser beschränkt, obwohl auch Gletscher und bewegte Luft, wenn gleich in erheblich schwächerem Maße als das Wasser, erodieren. Die Wirksamkeit dieser beiden Agentien gestaltet sich naturgemäß etwas anders als diejenige des Wassers, doch trifft der Begriff der Erosion auch auf ihre Arbeitsleistung zu. Unter der Beziehung Erosion faßt man ja in der Regel zwei Vorgänge zusammen, einmal das Abräumen der lockeren Bestandteile des Bodens, die Ablation, und dann die Abschleifung des festen Gesteins, die Korrasion. Diese Zweiteilung der Wirkungsweise steht einer einheitlichen Begriffsbestimmung einigermaßen im Wege und erschwert eine präzise Deutung des Vorganges. Es ist mir bisher nicht gelungen, eine völlig befriedigende, kurze und exakte Definition der Erosion in der geographischen Literatur zu finden, und ich möchte daher als solche vorschlagen die Entfernung von kleinen Teilchen der Erdkruste aus ihrer Ruhelage durch strömende Stoffe. Begrifflich deckt sich diese Definition mit der Auffassung von dem Wesen der Erosion, die schon F. v. Richthofen vor mehr als vier Jahrzehnten kundgab, doch ist weder in seinen, noch in anderen mir bekannten Veröffentlichungen der Begriff so scharf und bestimmt umgrenzt worden.

¹⁾ Grundriß der allgemeinen Erdkunde. Von Willi Ule. 2. Auflage. Leipzig 1915, S. 110.

Astronomische Mitteilungen.

Bei einigen Veränderlichen vom δ Cephei-Typus mit sehr kurzer Periode (kleiner als ein Tag) ist beobachtet worden, daß die Gestalt der Lichtkurve erheblichen, schnellen Änderungen, oft innerhalb weniger Tage, unterworfen ist, ein auffallender Umstand in Anbetracht der bemerkenswerten Konstanz der Periode des Lichtwechsels fast aller δ Cephei-Sterne und Verwandten. Obwohl die Erscheinung erst bei einigen dieser Veränderlichen — u. a. bei XX Cygni, RR Lyrae, β Cephei, 12 Lacertae — festgestellt worden ist, wird sie vermutlich bei der Mehrzahl derselben vorhanden sein. Auch bei den gewöhnlichen δ Cephei-Sternen mit längerer Periode werden Veränderungen der Lichtkurve, die jedoch weniger schnell verlaufen, seit langem vermutet. In Nr. 4992 der Astr. Nachr. teilt Graff eine Beobachtung dieser Art von SW Draconis (Periode 0,57 Tage) mit, die eine bereits vor mehreren Jahren gemachte Wahrnehmung von Sperra bestätigt. Die Form der Maxima der Helligkeit ist teils spitz, teils ganz flach. Auch bei β Cephei und 12 Lacertae wechselt die Form der Maxima zwischen einer spitzen und einer flachen. Eine Gesetzmäßigkeit in dem Wechsel dieser Formen ist bisher nicht erkennbar gewesen. Die Erscheinung dürfte für die Theorie der δ Cephei-Veränderlichen von wesentlicher Bedeutung sein. Auf Grund der Pulsationstheorie (die δ Cephei-Sterne als pulsierende Gaskugeln betrachtet) ist bisher eine Erklärung derselben noch nicht versucht worden. Mit der Fleckentheorie (Entstehung des Lichtwechsels durch die Rotation eines Körpers mit ungleichmäßig heller Oberfläche) läßt sie sich durch die Annahme von Veränderungen der Helligkeitsverteilung erklären.

Der zuerst von Abney entdeckte Purkinje-Effekt der photographischen Platten, dessen Existenz seither durch mehrere Untersuchungen von anderer Seite (Bergstrand, Hertzprung, Lindblad) gesichert ist, entspricht qualitativ durchaus dem Purkinje-Effekt des Auges. Parkhurst versucht im Astrophys. Journ. 49, S. 203, eine quantitative Abschätzung für Seed 27-Platten und extrafokale Sternaufnahmen mit einem Zeiß-UV-Triplet von 14,5 cm Öffnung und 81,4 cm Brennweite. Das Ergebnis ist, daß systematische Unterschiede in der Gradation, welche von der Sternfarbe abhängen, nur spurweise vorhanden und gegenüber den zufälligen Fehlern zu vernachlässigen sind.

Über Eigentümlichkeiten der Nova Aquilae 3 berichtet Barnard im Astrophys. Journ. 49, S. 199. Im weiteren Verlauf ihrer Abnahme, etwa von Anfang Oktober 1918 ab, erschien die Nova im 40-zölligen Refraktor der Yerkes-Sternwarte nicht mehr sternenförmig wie die gewöhnlichen Sterne in der Umgebung, sondern deutlich als scharf begrenzte planetarische Scheibe. (Dasselbe hatte die Nova Persei von 1901 gezeigt.) Der Durchmesser der Scheibe wuchs von 0,8" Anfang Oktober bis 1,8" Mitte Dezember. Es wäre wissenswert, ob auch in großen Reflektoren, bei denen ja mangelhafte Achromasie keine Rolle spielen kann, diese Erscheinung sich darbot. Nach Barnard, der mit Instrumenten sehr verschiedener Größe die Helligkeit der Nova beobachtete, dürfte der planetarische Charakter des Bildes zusammen mit der abnormen Helligkeitsverteilung im Spektrum die Hauptursache dafür sein, daß Helligkeitsschätzungen und -messungen an Neuen Sternen von verschiedenen Beobachtern in der Regel so stark voneinander abweichen. Guthnick.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 38. (Seite 681—700)

19. September 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die theoretischen Untersuchungen Seeligers auf dem Gebiete der Himmelsphotometrie. Von Prof. Dr. P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg. S. 681.

Der Acetaldehyd in der Natur. Ergebnisse des Abfangverfahrens. Von Dr. F. F. Nord, Berlin-Dahlem. S. 685.

Mineralogie im Dienste der Geologie. Von Prof. Dr. A. Johnsen, Kiel. (Schluß) S. 690.

Zuschriften an die Herausgeber:

Bemerkungen zur Kurve der Atomvolumina. Von H. Baerwald, Darmstadt. S. 694.

Die Erscheinungen an einzelnen radioaktiven Probekörpern der Größenordnung 10^{-4} — 10^{-5} cm.

Von F. Ehrenhaft und D. Konstantinowsky Wien. S. 695.

Bemerkung zu meinem Aufsatz: Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie. Von Erwin Freundlich, Berlin-Neubabelsberg. S. 696.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Sprachgeographische Erforschung von Syrien. Fünf Kriegs- und Forschungsjahre in Deutsch-Südwest-Afrika. S. 696.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Foucault und Fizeau. Das englische Amt für Brennstoffforschung Über die bayerische Graphitindustrie. Über Reduktionen mittels Chromoxydsalzen. S. 697—700.



Die bewährte
Drahtlampe

Osram

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Fütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 1/2 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst, 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst,
Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Prof. Dr. **Hugo Krüss**,
Hamburg 11.

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die
Entstehung und die Verwendung von Bern-
stein, sowie einzelne Stücke mit tierischen
und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.

(152)

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Gg. Leisegang } *Potsdamerstr. 138*
Berlin } *Taunizstr. 12*
} *Schloß-Platz 4*

Die großen Handbücher

von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer,
Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wasser-
mann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter,
Rubner, Ullmann, Winkemann u. a. **zur Er-
leichterung der Anschaffung**
gegen bequeme Monats- oder Quartals-
raten ohne Preisauflschlag von

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

- Vor kurzem erschien:

Die angewandte Zoologie

als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und kultureller Faktor

Von Prof. Dr. **J. Wilhelmi**

Mitglied der Landesanstalt für Wasserhygiene in Berlin-Dahlem
Preis M. 5.—*)

*) Hierzu 10% Teuerungszuschlag gemäß den Bestimmungen
des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser
Zeitschrift erbeten.

(167)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

19. September 1919.

Heft 38.

Die theoretischen Untersuchungen Seeligers auf dem Gebiete der Himmelsphotometrie.

Von Prof. Dr. P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.

Am 23. September vollendet *Hugo von Seeliger* sein 70. Lebensjahr. Den Astronomen ist dies ein Anlaß, auf sein für die Entwicklung wichtiger Zweige ihrer Wissenschaft hochbedeutendes und befruchtendes Wirken einen Rückblick zu werfen und sich zu vergegenwärtigen, wieviel sie diesem Manne zu verdanken haben. *Seeligers* Hauptwerk liegt auf dem Gebiete der Erforschung der Konstitution des Fixsternsystems. Eine zusammenfassende Darstellung seiner hierauf sich beziehenden Arbeiten wird in dieser Zeitschrift von anderer Seite gegeben werden. Nächst dem hat *Seeligers* Tätigkeit auf die Entwicklung der *theoretischen Himmelsphotometrie* einen derart durchgreifenden Einfluß ausgeübt, daß man in strengem Sinne überhaupt erst seit dieser Zeit von einer solchen sprechen kann. Mit dieser Seite seiner Forschertätigkeit befaßt sich die folgende Betrachtung, in der einige der wichtigsten von *Seeligers* theoretisch-photometrischen Untersuchungen zur Sprache kommen sollen. Sie schließt sich den Originalarbeiten unter vielfacher Benutzung der vortrefflichen Darstellung in *Müllers* Photometrie der Gestirne an, die bei einer Würdigung von *Seeligers* Werk nicht entbehrt werden kann, da sie manches enthält, was *Seeliger* nur in seinen Vorlesungen gebracht hat. Um *Seeligers* Werk voll würdigen zu können, muß man sich vor Augen halten, daß das von ihm vorzugsweise geförderte Teilgebiet der theoretischen Astrophotometrie ein ganz besonders sprödes ist. Alle Versuche einer Annäherung stoßen auf ungewöhnlich große Schwierigkeiten infolge der Kompliziertheit der zu erklärenden Erscheinungen. Ihnen analytisch beizukommen ist nur möglich unter weitgehenden vereinfachenden Voraussetzungen, deren Zulässigkeit sich nur sehr unsicher oder gar nicht beurteilen läßt. Dies liegt daran, daß die zu analysierenden Erscheinungen auf der äußerst verwickelten Reflexion des Lichtes an rauen Oberflächen beruhen, über deren Beschaffenheit unmittelbar nur sehr wenig ermittelt werden kann.

Seeligers Forschungen bewegen sich leicht erkennbar in zwei Hauptrichtungen. Die eine umfaßt die Anwendung der Lommelschen Betrachtungsweise der zerstreuten Reflexion auf die im reflektierten Sonnenlicht leuchtenden Glieder des

Sonnensystems, die andere das mehr spezielle Problem, das ein von der Sonne beleuchtetes, aus kleinen diskreten Körpern bestehendes Gebilde, wie das Ringsystem des Saturn und das Zodiakallicht, darbietet. Dieses zweite Problem ist deshalb von ganz besonderer Wichtigkeit, weil bei ihm die vielleicht für immer zum Zustand der Hypothese von Fall zu Fall verurteilte Form des Beleuchtungsgesetzes unter gewissen, beim Saturnring erfüllten Bedingungen nur von untergeordneter Bedeutung ist.

Als *Seeliger* seine photometrischen Studien begann, nahm man das Lambertsche photometrische Elementargesetz, dessen Gültigkeit sich auf Grund der Fourierschen Betrachtungsweise für *selbstleuchtende* Körper beweisen läßt, nach dem Vorgange *Zöllners* auch für nicht selbstleuchtende, *zerstreut reflektierende* Substanzen als geltend an. Wir betrachten ein Oberflächenelement df einer selbstleuchtenden Fläche, errichten auf derselben die Normale und bezeichnen den Winkel, den ein austretender Strahl mit derselben bildet, mit ϵ (Emanationswinkel). Wir betrachten ferner ein in der Richtung ϵ gelegenes Element $d\varphi$ einer von df bestrahlten Fläche, dessen Normale mit dem von df einfallenden Strahl den Winkel i (Inzidenzwinkel) bilde. Ist df in allen Punkten gleich stark leuchtend, so hat man für die von df auf $d\varphi$ gelangende Lichtmenge

$$Q = \frac{k df d\varphi \cos i \cdot F(\epsilon)}{r^2},$$

worin k eine hier nicht interessierende Konstante, r der gegenseitige Abstand der beiden Elemente und $F(\epsilon)$ eine Funktion des Winkels ϵ ist. Die Funktion $F(\epsilon)$ setzt *Lambert* gleich $\cos \epsilon$, ohne in der Lage zu sein, diese Annahme einwandfrei zu begründen. Erst *Zöllner* wies den Weg zu ihrer strengen Begründung, und *Lommel* führt den Beweis erschöpfend für selbstleuchtende „undurchsichtige“ Körper durch. Der Beweis beruht darauf, daß das ausgestrahlte Licht nicht nur von der Oberfläche des selbstleuchtenden Körpers herrührt, sondern auch bis zu einer gewissen, bei undurchsichtigen Körpern sehr geringen, Tiefe aus demselben hervordringt und dabei eine Absorption erleidet. Für die Berechtigung dieser Anschauung sprechen vor allem die spezifischen Körperfarben. *Zöllner* beging nun den Fehler, diese Betrachtung ohne weiteres auch auf die nicht selbstleuchtenden, zerstreut reflektierenden Substanzen anzuwenden, und gelangt so natürlich auch für diese zum Lambertschen Beleuchtungsgesetz. Wie man sieht, wird dabei nämlich keine Rücksicht auf die Absorption des

einfallenden Lichtes innerhalb der reflektierenden Substanz genommen.

Bezeichnet man nun mit H die scheinbare Helligkeit (Flächenhelligkeit) der strahlenden Fläche¹⁾, so ist

$$H = \frac{k' \cos \varepsilon}{\cos i} \cos i = k' \cos i.$$

H ist also unabhängig von der Entfernung und von ε , d. h. es ist stets das gleiche, unter welchem Winkel man auch die Fläche betrachtet. Abgesehen von der Wirkung einer Atmosphäre muß demnach eine selbstleuchtende Kugel wie die Sonne am Rande ebenso hell wie in der Mitte erscheinen. Da für die von der Sonne beleuchteten Planeten, aus der Richtung der Sonne betrachtet, d. h. bei vollbeleuchteter Scheibe, $\cos i$ nach dem Rande zu bis Null abnimmt, so müßte auch deren Helligkeit nach dem Rande zu bis Null abnehmen, was den Tatsachen im allgemeinen nicht zu entsprechen scheint.

Hier setzen nun die Arbeiten *Seeligers* ein. In einer kurzen Mitteilung in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft von 1885 zeigt er an Messungen, die auf seine Veranlassung von einem seiner Schüler ausgeführt wurden, daß zerstreut reflektierende Substanzen im allgemeinen keineswegs dem Lambertschen Gesetz folgen, und kündigt eine neue theoretische Grundlage für die Photometrie der Planeten an, die dann im folgenden Jahre im Anschluß an *Lommels* Betrachtungen in dessen Untersuchungen über Fluoreszenz (*Wiedemanns Annalen* Bd. 10, 1880) kurz dargelegt wurde. In dieser Darlegung geht *Seeliger* nach *Lommels* Vorgang von der Fourierschen Anschauung aus und berücksichtigt die Absorption des einfallenden Lichtes. Auf diese Weise erhält er die als *Lommel-Seeligersches Beleuchtungsgesetz* bekannte Formel

$$Q = k \, d f \, d \varphi \frac{\cos i \cos \varepsilon}{\mu \cos i + \mu' \cos \varepsilon},$$

zu der *Lommel* a. a. O. bereits gelangt war und die nun auf die komplizierten Verhältnisse im Sonnensystem anzuwenden war. In dieser Formel bedeuten die Konstanten μ und μ' die Absorptionskoeffizienten für den einfallenden und austretenden Lichtstrahl. Wie man sieht, ist auch das Gesetz vom Cosinus des Inzidenzwinkels nicht mehr vorhanden. In dem Ansatz steckt eine Reihe von Vereinfachungen, die *Seeliger* ausdrücklich hervorhebt; hier sollen sie nicht erörtert werden. Die ganze Betrachtung setzt einen idealisierten Fall voraus, weshalb von vornherein nicht erwartet werden darf, daß die so viel komplizierteren wirklichen Vorgänge in der Natur durch dieses verhältnismäßig einfache Beleuchtungsgesetz in jeder Hinsicht befriedigend darge-

stellt werden. Nichtsdestoweniger muß man es als einen entschiedenen Fortschritt gegenüber dem früheren Zustande der Theorie bezeichnen, in dem willkürlich ein empirisches, für selbstleuchtende Körper als richtig befundenes Gesetz auch auf die zerstreut reflektierenden Substanzen ausgedehnt wurde.

Dem neuen Beleuchtungsgesetz liegen ganz bestimmte und wohl begründete physikalische Vorstellungen zugrunde. Es war nun Aufgabe der Beobachtung, festzustellen, ob diese Vorstellungen den wirklichen Verhältnissen auf den Planeten wenigstens in besonderen Fällen mit hinreichender Annäherung gerecht werden. Zu dem Zweck war es nötig, die Folgerungen zu entwickeln, die das Gesetz für die Phasenhelligkeit der Planeten, die Helligkeitsverteilung auf ihren Scheiben und ihre Albedo nach sich zieht. Dieser mit mathematischen Schwierigkeiten reichlich behafteten Aufgabe wurde *Seeliger* in glänzender Weise Herr.

Die obige Formel ist noch einer Vereinfachung fähig. Wenn μ ungleich μ' ist, was wohl in Strenge stets der Fall sein wird, so kann man sie schreiben:

$$Q = k' \, d f \, d \varphi \frac{\cos i \cos \varepsilon}{\cos i + \lambda \cos \varepsilon},$$

und wenn $\mu = \mu'$, was meistens genähert zutreffend sein wird, so wird $\lambda = 1$.

Es sei zunächst die *Albedo* eines Planeten vom Standpunkt des *Lommel-Seeligerschen* Beleuchtungsgesetzes betrachtet. Albedo schlechtweg ist das Verhältnis der von einem beleuchteten, zerstreut reflektierenden Flächenelement ausgestrahlten Lichtmenge zu der von dem Element empfangenen. Die Albedo hat in der Photometrie der Planeten insofern eine erhebliche Bedeutung, als sie von der physikalischen Beschaffenheit der reflektierenden Fläche abhängt und so bis zu einem gewissen Grade einen Rückschluß auf die Natur derselben gestattet. Findet man z. B. die Albedo eines Planeten sehr hoch, so muß seine Oberfläche aus stark reflektierenden Substanzen bestehen. Liegen dann etwa noch anderweitige Andeutungen für das Vorhandensein einer Atmosphäre vor, so kommt in erster Linie Wasser in seinen verschiedenen hochreflektierenden Aggregatzuständen (Wolken, Schnee) in Betracht. Ist andererseits die Albedo sehr niedrig, so kann man mit ziemlicher Sicherheit auf das Fehlen einer nennenswerten Atmosphäre schließen. Bei spektraler Zerlegung des reflektierten Lichtes und Messung der Helligkeitsverteilung im Spektrum desselben könnte man bisweilen vielleicht sogar eindeutig auf die Natur der reflektierenden Substanz schließen. Soweit ist man freilich in der praktischen Himmelsphotometrie noch nicht. Aus der Form des *Lommel-Seeligerschen* Gesetzes geht hervor, daß die Albedo vom Inzidenzwinkel abhängt, für eine Planetenkugel also mit dem Abstände von der Mitte der Scheibe sich ändert. *Seeliger* stellt deshalb eine neue Definition der Albedo auf, die vom Inzidenzwinkel unabhängig ist und

¹⁾ Die mit H bezeichnete Flächenhelligkeit ist zu unterscheiden von der Lichtmenge Q , die man vielfach ebenfalls die Helligkeit der Lichtquelle nennt. H ist die Helligkeit oder Lichtmenge der Flächeneinheit der Lichtquelle, Q die gesamte Lichtmenge, die z. B. das Auge des Beobachters von der Lichtquelle empfängt.

außerdem den Vorteil hat, auch für jedes andere Beleuchtungsgesetz brauchbar zu bleiben. Er bildet den Mittelwert der Albedo für sämtliche vorkommenden Inzidenzwinkel und nennt diesen Mittelwert die Albedo der betrachteten reflektierenden Fläche; so bei einem kugelförmigen Planeten den Mittelwert der Albedo für die ganze beleuchtete Hemisphäre. Diese Größe ist nur abhängig von der Natur der reflektierenden Substanz.

Weiter handelt es sich um den *Verlauf der Phasenhelligkeit*¹⁾ des von der Sonne beleuchteten und von der Erde aus beobachteten Himmelskörpers. In Anbetracht der Einfachheit der Annahmen der Theorie werden die Voraussetzungen im allgemeinen nicht hinreichend erfüllt sein; am nächsten wird ihr der Fall kommen, in dem die reflektierende Oberfläche von einer sehr dichten Atmosphäre, etwa einer gleichmäßig dichten Wolkendecke, gebildet wird. Dieser Fall ist im Sonnensystem z. B. durch Jupiter und vielleicht durch Venus vertreten. Auf die stark abweichenden Fälle, die etwa durch den Merkur oder den Erdmond repräsentiert werden, wirft nichtsdestoweniger die Theorie, da sie von einem scharf definierten physikalischen Zustande ausgeht, mit dem verglichen werden kann, ebenfalls manches Licht.

Bezüglich der *Lichtverteilung auf der Scheibe eines Planeten* folgt gemäß den Untersuchungen *Andings* aus dem Lommel-Seeligerschen Gesetz bei voller Beleuchtung der sichtbaren Hemisphäre (Phase Null) konstante Helligkeit auf der ganzen Planetenscheibe, abgesehen natürlich von Albedounterschieden. Ist die Phase von Null verschieden, so sind die Kurven gleicher Helligkeit Halbellipsen, und die Helligkeit nimmt vom Phasenrande bis zum beleuchteten Rande der Scheibe beständig zu; an letzterem hat sie stets denselben Wert, nämlich den doppelten Betrag der Helligkeit der Scheibe beim Phasenwinkel Null. Die Abnahme der Helligkeit nach dem Phasenrande ist langsamer als die Zunahme nach dem vollen Rande, wodurch die Verwaschenheit des Phasenrandes bei den Planeten, wenigstens zum Teil, zu erklären ist. Es kann nicht geleugnet werden, daß die beobachtete Helligkeitsverteilung auf den Planetenscheiben im großen ganzen qualitativ mit

den Folgerungen der Seeligerschen Theorie im Einklang steht. Leider ist die praktische Himmelsphotometrie bisher nicht in der Lage gewesen, die für die Beurteilung der verschiedenen Beleuchtungsgesetze so wichtige Helligkeitsverteilung auf den Planetenscheiben genauer festzulegen. Die Hauptschwierigkeiten liegen in der ungleichförmigen Albedo der Planetenoberfläche und in der Unkenntnis des Einflusses der Atmosphären, der besonders bei den oberen Planeten (Jupiter, Saturn) zweifellos beträchtlich ist. Messungen an geeigneten Planetenmodellen könnten wohl noch manche wertvolle Aufklärung bringen.

Das zweite der beiden großen photometrischen Probleme, denen *Seeliger* sich zuwandte, die Beleuchtung staubförmiger kosmischer Massen durch die Sonne, ist von ihm in erschöpfender Weise behandelt worden. Die erfolgreiche Anwendung der Theorie auf die vordem so rätselhaften Helligkeitserscheinungen des Saturnringes bildet ohne Zweifel den Glanzpunkt seiner theoretisch-photometrischen Forschungen. Der Fall des Saturnringes ist vielleicht bisher der einzige in der Himmelsphotometrie, in dem es der Theorie gelungen ist, die Hauptzüge der beobachteten Erscheinungen wirklich befriedigend so zu erklären, daß man sagen kann, die gemachten Voraussetzungen entsprechen im wesentlichen der Wirklichkeit.

Wie angedeutet, behandelt *Seeliger* das Problem sowohl für den besonderen Fall des Saturnringes, als auch für den allgemeineren Fall einer von der Sonne beleuchteten kosmischen Staubwolke, wie sie nach Ansicht vieler Astronomen im Zodiakallicht vorliegt. Der erstere möge hier eingehender betrachtet werden. Bekanntlich erscheint die Flächenhelligkeit des Saturnringes, unter den wechselnden Elevationswinkeln¹⁾ der Sonne über der Ringebene betrachtet, stets nahe gleich groß, während man a priori Proportionalität der Flächenhelligkeit mit dem Sinus des Elevationswinkels l' der Sonne über der Ringebene erwarten sollte. Infolgedessen schwankt die uns vom Ringe zugesandte Lichtmenge annähernd proportional seiner scheinbaren Fläche oder Öffnung, d. h. dem Sinus des Elevationswinkels l der Erde. Es ist also $Q = \gamma \sin l$. *Seeliger* zeigt nun, daß man, von der Maxwell-Hirnschen Anschauung über die Konstitution des Ringes ausgehend, dieses rätselhafte Verhalten des Ringes ohne weiteres erklären kann. Nach *Maxwell* und *Hirn* darf bekanntlich der Ring aus mechanischen Gründen nicht als eine zusammenhängende feste oder flüssige Masse angenommen werden, sondern muß, um stabil zu sein, gleich einem Meteorschwarm als aus einzelnen diskreten Massenteilchen bestehend vorausgesetzt werden. Der Ring muß also sozusagen eine staubförmige oder meteoritische

¹⁾ Unter Phase oder Phasenwinkel eines Planeten versteht man den Winkel am Planeten in dem Dreieck Sonne—Erde—Planet. Die Phase ist Null, wenn der Planet in der Verlängerung der Linie Sonne—Erde steht, so daß er als vollbeleuchtete Scheibe erscheint. Bei den inneren Planeten ist dies in der oberen Konjunktion, bei den äußeren in der Opposition — im allgemeinen nur genähert — der Fall. Bei den inneren Planeten durchläuft die Phase alle Werte von 0° bis 180° , von der vollbeleuchteten Scheibe bis zur gänzlich dunkeln, bei den äußeren ist der Bereich der Phase um so kleiner, je größer der Abstand des Planeten von der Sonne, bei Mars z. B. rund 50° , bei Jupiter 12° . Die Helligkeit ist von der Phase abhängig in einer Weise, die durch das für den betreffenden Planeten geltende physikalische Beleuchtungsgesetz bestimmt wird.

¹⁾ Elevationswinkel = Winkel zwischen Ringebene und Verbindungslinie des Saturnmittelpunktes mit der Sonne bzw. Erde.

Beschaffenheit haben. Die weiteren Voraussetzungen der Theorie sind folgende: Der Ring liegt nahezu in einer Ebene, hat also die Gestalt eines flachen Zylinders. Er besteht aus einem Schwarm kleiner Kugeln, die in dem zylindrischen Raum des Ringes in sehr großer Anzahl nach dem Zufall verteilt sind. Ihre Abstände sind groß im Vergleich zu ihrer Größe. Es ist nicht nötig, anzunehmen, daß die Kugeln gleich groß sind, es genügt vielmehr, daß sie alle möglichen Werte zwischen zwei Grenzen haben, wobei die besondere Annahme weiter verfolgt wird, daß die Kugeln alle gleiche Wahrscheinlichkeit des Vorkommens besitzen. Im Falle des Saturnringes wird angenommen, daß das staubförmige Gebilde praktisch undurchsichtig sei. Sehr kleine Elevationswinkel von Sonne und Erde sollen nicht betrachtet werden, da hierfür Figur und Dicke des Ringes genau bekannt sein müßten. Die beleuchtende Sonne wird zunächst als punktförmig angenommen, was unbedenklich geschehen kann, da ihr Durchmesser, vom Saturn gesehen, nur $3\frac{1}{2}'$ beträgt. Die tatsächliche, nicht unmerklich kleine Ausdehnung der Lichtquelle hat zur Folge, daß die auftretenden Erscheinungen etwas weniger schroff verlaufen, mit anderen Worten etwas gemildert werden. Zuzufolge der besonderen Verhältnisse beim Saturn, dessen Phase höchstens $6\frac{1}{2}^\circ$ betragen kann, erschien es zunächst nicht nötig, eine bestimmte Annahme über das den Phaseneinfluß bestimmende photometrische Grundgesetz zu machen, das von jedem einzelnen Ringteilchen befolgt wird. Aus demselben Grunde spielt die Wahl des photometrischen Grundgesetzes für das Saturnsphäroid keine große Rolle. Eine Entscheidung darüber wird notwendig, wenn das Verhalten des Gesamtlichtes des Saturns geprüft werden soll, das leichter gemessen werden kann als die Flächenhelligkeit des Ringes. Seeliger führt die Entwicklungen sowohl mit dem Lambert'schen wie dem Lommel-Seeligerschen Beleuchtungsgesetz durch. Für einen rohen Überschlag mag die Angabe dienen, daß der durchschnittliche Phasenkoeffizient (Änderung der Helligkeit für einen Grad Phasenänderung) einer größeren Anzahl kleiner Planeten nach Müller $0,030^m$ beträgt, während der Phasenkoeffizient des dem Saturnsphäroid physikalisch nahestehenden Planeten Jupiter nach neueren Messungen in verschiedenen Oppositionen etwas verschieden, im Mittel von der Größenordnung $0,01^m$, sich ergab. Nun wird man aus dem Folgenden ersehen, daß die Helligkeitsphänomene des Ringes sich hauptsächlich in einem ganz engen Intervall um die Phase Null herum abspielen; es kann daher vorläufig von dem gewöhnlichen Phaseneinfluß abgesehen oder er kann auch nach irgendeinem Beleuchtungsgesetz wenigstens näherungsweise berücksichtigt werden. Ebenfalls von untergeordneter Bedeutung sind die verwickelten gegenseitigen Beschattungen und Verdeckungen von Saturnsphäroid und Ring, deren Analyse

Seeliger mit der nötigen Strenge durchführt. Der rechnerischen Berücksichtigung sind diese übrigens sehr kleinen Einflüsse von ihm durch geeignete Tafeln bequem zugänglich gemacht.

Betrachten wir nun die bei der Beleuchtung des oben definierten Ringgebildes durch die Sonne auftretenden Vorgänge, so können wir deren zwei verschiedene Arten feststellen. Die vorderen Ringkörperchen *verdecken* und *beschatten* teilweise oder ganz die hinteren, aber die bedeckten Areale sind von der Erde aus gesehen nur dann genau mit den beschatteten identisch, wenn die Phase des Saturn genau Null ist, d. h. wenn Sonne, Erde und Saturn auf einer geraden Linie liegen. Wächst die Phase von Null aus, so treten die beschatteten Areale hervor. Ihr Einfluß auf die Flächenhelligkeit des Ringes muß also vom Phasenwinkel abhängen. Andererseits ist für alle Ringöffnungen bei der Phase Null der Einfluß der gegenseitigen Beschattungen der Ringteilchen verschwindend. Ferner ist der Einfluß der Dichte der Verteilung der Ringteilchen in dem Ringraum auf den Verlauf der Helligkeitserscheinungen zu untersuchen.

Von einer der kleinen, auf ihrer Oberfläche gleichmäßig hell vorausgesetzten Kugeln mit dem Radius q , die weder beschattet noch verdeckt wird, erhält der Beobachter die Lichtmenge $q = k q^2$, wenn k eine Konstante bedeutet und der Phaseneinfluß, wie gesagt, vernachlässigt wird. Ist nun w die Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei der gegebenen Massenverteilung ein Element im Innern des Ringes weder beschattet noch verdeckt wird, so ist im Mittel für sehr zahlreiche Kugeln die dem Beobachter wirklich zugesandte Lichtmenge gleich qw . Die Wahrscheinlichkeit w hängt ab von der Dichte der Massenverteilung, von dem Ort innerhalb des Ringes und von der Stellung von Sonne und Erde. Führt man die Betrachtung getrennt durch, zuerst für alle Kugeln vom Radius q_1 , dann vom Radius q_2 usw. bis q_n , und nennt man die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten w_1, w_2 bis w_n , so wird $w = w_1 \cdot w_2 \cdot w_3 \dots w_n$. Es macht aber keinen wesentlichen Unterschied, ob man gleiche oder ungleich große Kugeln annimmt; man kann sich daher auf den ersten Fall beschränken. Auch die Form der Ringteilchen ist belanglos, sofern man von den individuellen Phasenwirkungen, wie festgesetzt, absieht. Die Wahrscheinlichkeit w läßt sich nun unter der Voraussetzung berechnen, daß die Ringmaterie sehr dünn verteilt sei, was von vornherein auch aus mechanischen Gründen als notwendig zu erachten ist. Dann ergibt sich zunächst für die Phase Null die Lichtmenge, die der Beobachter vom ganzen Ring erhält, sehr genähert proportional dem Sinus des Elevationswinkels der Sonne oder Erde über der Ringebene¹⁾: $Q = \gamma \sin l$, d. h. die Flächenhelligkeit

¹⁾ Die Elevationswinkel von Sonne und Erde über der Ringebene können, abgesehen von der von der Betrachtung ausgeschlossenen Umgebung von 0° , stets als nahe gleich angesehen werden.

des Ringes als konstant, was in großer Annäherung mit der Beobachtung übereinstimmt. Ist die Phase von Null verschieden, so kommt die Wirkung des Schattenwurfes innerhalb des Ringes zur Geltung. Die Theorie liefert das höchst überraschende und wichtige Ergebnis, daß die Flächenhelligkeit des Ringes infolge dieser Wirkung ganz bedeutenden, vom Phasenwinkel abhängenden Schwankungen unterliegen muß, und zwar um so größeren, je undurchsichtiger (dicker) der Ring ist. Die Flächenhelligkeit kann für die Phase Null bis zum Zweifachen derjenigen außerhalb der genauen Opposition, aber bei kleinen Phasenwinkeln, wie sie beim Saturn vorkommen, betragen. Der Hauptteil der Schwankung drängt sich ferner auf ein um so kleineres Phasenintervall in der Umgebung von 0° zusammen, je geringer die Dichtigkeit der Verteilung der Materie im Ring ist. Diese merkwürdige Erscheinung läßt sich durch die gewöhnlichen Beleuchtungsgesetze für zerstreut reflektierende Substanzen nicht erklären; sie wird wesentlich bedingt durch die vorausgesetzte meteoritische Konstitution des Ringes.

Genau photometrische Messungen von verschiedenen Beobachtern und nach verschiedenen Methoden, sowohl des Gesamtlichtes des Saturn wie der Flächenhelligkeit seines Ringes, haben diese von der Theorie auf Grund der Maxwell-Hirnschen Anschauung über die Konstitution des Ringes vorausgesagte Erscheinung im vollen Umfange bestätigt. Die Lichtschwankung des Ringes drängt sich in der Hauptsache in das enge Phasenintervall $\pm 0,5^\circ$ zusammen, woraus eine sehr geringe Dichte des Ringes folgt. Damit ist zugleich eine einwandfreie Bestätigung der Maxwell-Hirnschen Annahme über die Konstitution des Ringes geliefert. Eine unabhängige Bestätigung der letzteren auf einem ganz verschiedenen Wege gelang *Keeler* durch den spektrophotographisch geführten Nachweis, daß der Saturnring nicht wie ein zusammenhängendes, starres Gebilde rotiert. Der photometrische Beweis für die meteoritische Konstitution des Ringes muß aber wohl als der eindeutiger und unmittelbarer angesehen werden.

Nimmt die Dicke der Staubmasse ab, so daß sie mehr und mehr durchsichtig wird, so werden die betrachteten Erscheinungen weniger ausgeprägt und verschwinden schließlich ganz. Der halbdurchsichtige innere dunkle Ring des Saturn stellt eine Zwischenstufe zwischen den beiden Grenzzuständen dar, während das höchst durchsichtige Zodiakallicht, wenn man dasselbe als eine ellipsoidisch angeordnete kosmische Staubmasse um die Sonne als Mittelpunkt annimmt, praktisch die zweite Grenze darstellt. Auch die leuchtenden Nachtwolken kommen hier wahrscheinlich in Betracht. Über das Zodiakallicht und verwandte Gebilde hat *Seeliger*, auf dieser Auffassung fußend, ebenfalls theoretische Untersuchungen angestellt. Für die Helligkeitsverteilung in ihm

spielt nach dem Vorangehenden die gewöhnliche Abhängigkeit der Helligkeit vom Phasenwinkel, also die Form des Beleuchtungsgesetzes der das Gebilde zusammensetzenden Massenteilchen, die Hauptrolle. *Seeliger* betrachtet folgende Fälle: 1. Staubwolke in so großer Entfernung von Sonne (Stern) und Beobachter, daß ihre Dimension klein ist im Verhältnis zu dieser Entfernung. 2. Sonne (Stern) innerhalb oder in der Nähe der Staubwolke, Beobachter außerhalb derselben. Es ergaben sich je nach der angenommenen Albedo Flächenhelligkeiten von der Ordnung 10^{-6} bis 10^{-7} der Flächenhelligkeit des Vollmondes für eine Staubwolke mit der Parallaxe $0,01''$, die von einem Stern der scheinbaren Helligkeit $10,4^m$ aus der scheinbaren Entfernung $10''$, oder von einem in ihr stehenden Stern der gleichen Leuchtkraft wie die Sonne beleuchtet wird. Eine solche Flächenhelligkeit würde noch wahrnehmbar sein. Fälle dieser Art sind wahrscheinlich die Plejadennebel¹⁾ und die in der Umgebung der Nova Persei beobachteten Nebel, vor allem aber das Zodiakallicht. Der „Gegenschein“, der sich z. B. aus dem Lambertschen Gesetz nicht ableiten läßt, wird vom Lommel-Seeligerschen Beleuchtungsgesetz wenigstens qualitativ erklärt.

Die Distanz von den theoretischen Forschungen *Seeligers* auf dem Gebiete der Himmelsphotometrie ist heute bereits groß genug, um ein zuverlässiges Urteil über dieselben zu erlauben. Sie bedeuten zweifellos eine Epoche in der Entwicklung dieses schwierigen Gebietes der Wissenschaft. Es ist wohl mit Sicherheit vorauszusehen, daß die genauere Erforschung der Helligkeitsphänomene der Planeten, die infolge der Vervollkommenung der technischen Hilfsmittel der beobachtenden Himmelsphotometrie zu erwarten ist, auf die Theorie der beleuchteten Himmelskörper wieder anregend wirken wird. *Seeligers* Werk wird dann stets vorbildlich sein müssen für die Behandlung photometrischer Probleme dieser Art.

Der Acetaldehyd in der Natur.

Ergebnisse des Abfangverfahrens.

Von Dr. F. F. Nord, Berlin-Dahlem.

Unter „Abfangverfahren“ wird im folgenden die unlängst aufgefundene Methode verstanden, die eine Festlegung normalerweise schnell durchlaufener und daher nicht feststellbarer Zwischenstufen bei biologischen Vorgängen ermöglicht. Bei diesen hat man zwei recht ungleiche Hauptgruppen zu unterscheiden, Prozesse hydrolytischer Art und solche der Synthese und des Abbaus.

Bei den ersteren handelt es sich um die Zerlegung großer Molekülgebilde in ihre Bausteine: so bei den Fetten um die Spaltung in die Fett-

¹⁾ *Slipher*, Lowell Obs. Bull. Nr. 55; *Hertzprung*, Astr. Nachr. Nr. 4679.

säuren und Glycerin, bei den Polysacchariden um die Aufteilung zu den einfachen Zuckerarten, bei den Eiweißkörpern um den Zerfall in Aminosäuren. Die lebenden Organismen vollziehen diese Hydrolysen mit Hilfe von Fermenten, und zwar erfolgen sie allmählich über kleinere Molekülverbände. Der Vorgang ist etwa vergleichbar dem Abbruch eines Holzhauses, bei dem die Abtragung etagenweise über die Zimmerwände zu den einzelnen Bauteilen, zu den Schindeln, Brettern, Bolzen und Balken führt. Diese Reaktionen und die Stufen, über die sie verlaufen, sind im großen und ganzen bekannt.

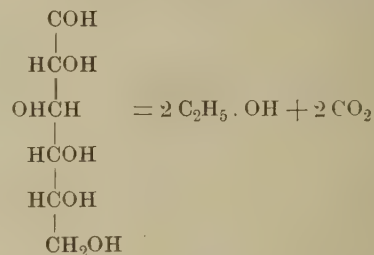
Zur zweiten Gruppe von Erscheinungen gehören Vorgänge, die sich an den einzelnen Bauteilen abspielen; sie umfaßt bei den eigentlichen Stoffwechselprozessen insbesondere die Reaktionen einer weitergehenden Zerkleinerung, vielfach die einer Verbrennung zum Zwecke des Energiegewinnes. Der Vorgang ist vergleichbar einer Verfeuerung der hölzernen Bauteile. In diesem Falle kennen wir nur das Ausgangsmaterial (Brennstoff), stellen die Energieentwicklung (Wärme) und als Endprodukte der Verbrennung Kohlensäure und Wasser fest. Auf welchem Wege und über welche Zwischenstufen die physiologische Verbrennung sich vollzieht, ist zumeist ungewiß und eines der großen Rätsel der Zellchemie. Die Erkenntnis dieser Vorgänge ist um so wichtiger, da für den Wiederaufbau großenteils nur dieselben Bruchstücke zur Verfügung stehen, die bei der Zertrümmerung vorübergehend auftreten. Mit anderen Worten: es sind jene Phasen unbekannt, welche etwa der Entstehung von Holzkohle sowie von Schwel- und Destillationsprodukten des Holzes gasförmiger, flüssiger und fester Form entsprechen, aus denen wir künstlich zwar nicht wieder Holz, aber eine Fülle organischer Produkte aufbauen können. Die Aufindung einer Methode, die physiologische Umsetzung der organischen Baustoffe etwa auf der Stufe der Holzkohle oder ihrer Destillationsprodukte festhalten zu können, stellt einen alten, aber bisher unerfüllten Wunsch dar.

Einen geeigneten Weg hat nun vor einiger Zeit *Neuberg* angegeben. Er besteht in folgendem: *Durch Zusatz eines spezifisch angepassten Abfangmittels kann man eine Zwischenstufe festlegen, sie in eine so feste Verbindung mit dem zugesetzten Körper überführen, daß die biologischen Agentien das neu entstandene und ihnen fremde Gebilde nicht weiter umzuwandeln vermögen.* Man kann dieses Vorgehen in gewissem Sinne vergleichen einer Festlegung von Kohlenstoff beim Glühen mit Kalk bzw. mit stickstoffhaltigen Materialien, Pottasche und Eisenspänen, wobei Calciumcarbid oder Blutlaugensalz entstehen, d. h. in beiden Fällen Verbindungen, die unter den Versuchsbedingungen sehr beständig sind und den Kohlenstoff aus dem Prozeß der sonst eintretenden Umwandlungen herausführen.

Die Leistungen des *biologischen Abfangver-*

fahrens sind zweckmäßig zunächst an Körpern einfachen Baus und bei nicht allzu komplizierten Umsetzungen zu studieren. *Neuberg* hat für diesen Zweck den *physiologischen Abbau der Zuckerarten durch Mikroorganismen* gewählt, einen Vorgang, der bekanntlich im Haushalte der Natur in weitestem Umfange erfolgt und von großer Bedeutung ist, und zu dem auch ein technisch hervorragend wichtiger Prozeß, die Spaltung des Zuckers bei der alkoholischen Gärung, gehört. Ein Blick auf die übliche Formulierung für den letztgenannten Prozeß veranschaulicht das Problem.

Die vom Hefepilz bewirkte Zersetzung des Zuckers wird durch die Gleichung



ausgedrückt. Völlig ratlos steht man zunächst den Verhältnissen gegenüber. Der praktisch quantitativ verlaufende Gärungsvorgang bringt aus 1 Mol Zucker 2 Mol Kohlensäure und 2 Mol Äthylalkohol hervor, ohne daß in dem Ausgangsmaterial auch nur eine Andeutung von Äthyl- oder Kohlensäuregruppen vorhanden ist, die in den Gärungserzeugnissen sich offenbaren. Hier liegt ein typisches Beispiel vor, in dem der Endzustand überhaupt nur eintreten kann über Durchgangsstufen, die eine allmähliche Umformung herbeiführen. Man ist deshalb schon vor etwa 30 Jahren zu der Anschauung gelangt, daß bei diesem wichtigen Vorgange der alkoholischen Gärung Zwischenglieder auftreten müssen. Die Suche nach ihnen blieb aber ergebnislos bis zum Jahre 1910, wo die Vergärbarkeit der Brenztraubensäure von *Neuberg* und seinen Mitarbeitern entdeckt wurde. Dieser auffallende Vorgang wird durch ein in der Hefe enthaltenes Enzym besorgt, genau wie die alkoholische Zuckerspaltung selbst. Die hierzu dienende Zymase ist kein einheitliches Ferment, sondern ein Enzymkomplex, in welchem das Brenztraubensäure zerlegende Agens, die *Carboxylase*, vorhanden ist, während im Traubenzucker oder anderen gärenden Kohlehydraten potentiell die Brenztraubensäure enthalten ist. Die Carboxylase zerlegt die Brenztraubensäure in Acetaldehyd und Kohlensäure gemäß der einfachen Gleichung:



Dadurch waren mit einem Schlage Körper bekannt geworden, in welchen Carboxyl- und Äthylrest vorgebildet sind, so daß deren Entstehungsweise, nunmehr unfruchtbaren Spekulationen entzogen, auf eine experimentell prüfbare Grundlage gestellt war. Die verständliche und chemisch durchaus gestützte Herleitung der Brenztrauben-

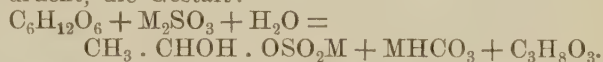
säure aus dem Zuckermolekül kann hier außer Betracht bleiben, da ja die Abfangmethode gerade den Prüfstein für die „Acetaldehyd-Brenztraubensäure-Theorie der Gärung“ bildet und die Festlegung und Vorführung des Zwischenproduktes in Substanz zum Ziele hat. Da die Brenztraubensäure durch das ungemein verbreitete Ferment Carboxylase mit besonderer Leichtigkeit und größter Schnelligkeit die charakteristische Zerlegung in Kohlensäure und Acetaldehyd erfährt, ist es biologisch gesprochen gleich, ob man Acetaldehyd und Kohlensäure als solche oder in Form ihrer Vereinigung, d. i. Brenztraubensäure, beim Gärungsprozeß festzuhalten vermag.

Die ganze Schwierigkeit des Problems ergibt sich daraus, daß die zu erwartenden Durchgangsstufen zwischen Zucker und seinem Spaltungsprodukt, dem Acetaldehyd bzw. dem Äthylalkohol, alle labilen Charakter aufweisen und sämtlich die Carbonylgruppe ($-\text{CO}-$) enthalten müssen. Dadurch ist man in der Auswahl eventuell sich eignender Abfangmittel außerordentlich beschränkt. Denn dieselben treten entweder schon mit dem Ausgangsmaterial, dem Zucker, in eine feste, biologisch nicht mehr angreifbare Bindung oder liefern unter den obwaltenden Verhältnissen gar keine Kondensationsprodukte. An dieser Klippe waren alle früheren nach dieser Richtung unternommenen Schritte gescheitert. Ein Kunstgriff hat *Neuberg* zum Ziele geführt. Er besteht in der Wahl eines Abfangmittels, das eine außerordentlich feine Abstufung in der Affinität zu Zucker und seinen labilen Umwandlungsprodukten besitzt, derart, daß sie äußerst gering zum Ausgangsstoff, dem zu vergärenden Kohlehydrat, und maximal zu einem der letzten Produkte dieser Umwandlung ist. *Ein solches Mittel fand sich in den sekundären Salzen der schwefligen Säure.* Mit diesen geht der Zucker nur eine außerordentlich lockere, in wässriger Lösung ganz weitgehend zerfallene Vereinigung ein, während die Beständigkeit der entstehenden Sulfitkomplexe zunimmt bis herab zum Acetaldehyd. Da im Gegensatz zur freien schwefligen Säure (H_2SO_3) und ihren sauren Salzen (MHSO_3), die in der Kellerwirtschaft wegen ihrer Desinfektionskraft weitgehende Anwendung finden, die sekundären Sulfiten (M_2SO_3) kein Gift für die Hefezellen sind, ist die Vergärung in ihrer Anwesenheit durchführbar. Es stellt sich ein Gleichgewicht ein, das zu einer Festlegung von 75 % der theoretisch möglichen Menge Acetaldehyd führt. Zu diesem Ergebnis sind *Neuberg* und *Reinfurth* gelangt, und zwar für die verschiedenen Varietäten der Hefe.

Damit ist nicht nur der Beweis für die Richtigkeit der Acetaldehyd-Brenztraubensäure-Theorie geliefert und zum ersten Male eine Zwischenstufe wirklich abgefangen, sondern zugleich eine experimentelle Veränderung an den Gärungsprodukten ermöglicht worden. Normalerweise erfolgt nämlich in der letzten Phase der Gärung

eine Umwandlung des Acetaldehyds durch Reduktion in Äthylalkohol. Durch die Festlegung des Acetaldehyds in Form der Sulfit-Komplexverbindung ($\text{CH}_3 \cdot \text{CHOH} \cdot \text{O} \cdot \text{SO}_2\text{M}$) wird er der Schlußhandlung, der Hydrierung, entzogen. Da es nun nicht zu einer Entwicklung freien Wasserstoffs kommt, so muß in äquivalenter Menge ein anderes Reduktionsprodukt auftreten. Als solches stellten *Neuberg* und *Färber* sowie *Neuberg* und *Reinfurth* das Glycerin fest. *Dadurch wurde die bisher rätselhafte Entstehung dieses Produktes auch bei der normalen alkoholischen Zuckerspaltung aufgeklärt und die schon von Neuberg und Kerb im Jahre 1912 erkannte Wechselbeziehung zwischen Acetaldehyd und Glycerin erwiesen.* Zugleich ist damit die bis dahin nicht gefundene theoretische Grundlage für die technisch verwertete Sulfitgärung gegeben, die übrigens selbst mit der gleichen Methode bewirkt wird, die *Neuberg* und Mitarbeiter in den vorerwähnten Mitteilungen beschrieben hatten. Die Menge des abgefangenen Acetaldehyds und des in Korrelation damit auftretenden Glycerins hängt von der Konzentration des zugesetzten Abfangmittels ab. Je mehr Sulfit vorhanden ist, desto mehr Acetaldehyd kann festgelegt und um so reichlicher die dadurch bedingte Bildung von Glycerin erzwungen werden. Bei jeglichem Gehalt an Sulfit stehen die hervorgebrachten Mengen von Acetaldehyd und Glycerin in dem korrelativen Verhältnis von 1 : 1 Mol, und die ideale umgestaltete Gärungsgleichung nimmt die Form an:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = \text{CH}_3 \cdot \text{CHO} + \text{CO}_2 + \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$,
bzw. wenn man die Beteiligung des Sulfits ausdrückt, die Gestalt:



$\text{CH}_3 \cdot \text{CHOH} \cdot \text{OSO}_2\text{M} + \text{MHSO}_3 + \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$.
Das neutrale Sulfit wird von der Hefe zwar ertragen, ist aber nicht ganz gleichgültig für dieselbe, und es kann deshalb nur in einer Konzentration angewendet werden, welche die normale alkoholische Zuckerspaltung nicht vollkommen, sondern nur bis zu Dreiviertel ihres gewöhnlichen Umfanges unterdrückt.

Diese Erfolge bei der Hefengärung ermuntern zu einer Ausdehnung des Verfahrens auf die Stoffwechselvorgänge anderer Organismen. *Neuberg* und *Nord* wandten die Methode auf die Gärungen an, die andere Mikroorganismen auslösen. Sehr umfangreich ist in der Natur der Umsatz von Kohlenhydraten durch die weit verbreiteten Colibazillen. Ihre Wirkung erstreckt sich nicht nur auf die eigentlichen Zuckerarten, sondern auch auf die ihnen nahestehenden Substanzen, wie auf Mannit und Glycerin. Die Hefen sind verhältnismäßig kräftig konstituierte Organismen, welche den Zusatz eines in den Reaktionsmechanismus eingreifenden Abfangmittels, wie der schweflig-sauren Alkalien, gut vertragen. Bei den viel widerstandsfähigeren Bakterien bedarf das Abfangverfahren einer kleinen Modifikation, die

darin besteht, daß man an Stelle der alkalisch reagierenden sekundären Sulfite von Natrium oder Kalium ein neutral reagierendes Erdalkalisulfid, z. B. Calciumsulfid CaSO_3 , setzt. Diese Verbindung bietet nicht nur den Vorteil der neutralen Reaktion, sondern auch den der Unlöslichkeit in Wasser. Dadurch kann man bei empfindlichen Mikroorganismen schädigende osmotische Vorgänge ausschalten; andererseits tauscht man die verringerte Konzentration an Sulfid-Ion als Nachteil ein, den man bis zu einem gewissen Grade durch mechanische Maßnahmen, wie Schütteln und Durchrühren, ausgleichen kann. Wesentlich allein ist die Gegenwart eines schwefligsauren Salzes.

Mit der Modifikation, die sich des Calciumsulfids bedient, haben *Neuberg* und *Nord* den *Acetaldehyd als Durchgangsstufe bei der Vergärung von Traubenzucker und Glycerin durch das bacterium coli* festgestellt. Auch hier entsteht der Aldehyd eindeutig auf Kosten der Vorgänge, die bei der normalen Coligärung zum Äthylalkohol führen, und zwar in der beträchtlichen Menge von 40—45 % der betreffenden Alkoholquantität. In ähnlicher Weise läßt sich *Acetaldehyd als Zwischenglied auch bei den Umsetzungen erkennen, die von den Erregern der ubiquitären Fäulnis sowie der Zitronensäure- und Fumarsäuregärung herbeigeführt werden*. Der gleiche Nachweis gelang für die Stoffwechselprozesse, welche von zwei pathogenen Mikroorganismen ausgelöst werden, nämlich von den *Ruhr- und Gasbrandbakterien*. Die bekannten Arten von Ruhrbazillen, die Stämme Flexner, Y und Shiga-Kruse, lieferten alle Acetaldehyd bei der Kultivierung in Lösungen von Maltose, Glycerin und Mannit. Der Erzeuger des Gasbrandes, der im vergangenen Weltkriege so gefürchteten Wundinfektion, ist gleichfalls ein kräftiger Kohlenhydratzehrer; der den Buttersäurebakterien verwandte Anaerobier wächst auf Zuckerlösungen ebenfalls unter Entwicklung von Acetaldehyd. Da der Acetaldehyd für höher entwickelte Geschöpfe ein heftiges Gift ist, so bietet die Feststellung seines Auftretens unter den Stoffwechselerzeugnissen der infektiösen Mikroorganismen vielleicht auch ein Interesse für die Seuchenlehre.

Recht bemerkenswert gestaltet sich die Anwendung des Abfangverfahrens auf einen ganz anders gearteten Vorgang, nämlich auf die *Essiggärung*. Handelt es sich bei den bisher besprochenen Gärungen durch Hefe und Bakterien um intramolekulare Vorgänge, um Spaltungen von Verbindungen, bei denen die innere Verschiebung des Sauerstoffs eine Rolle spielt, so liegt bei der Essiggärung ein oxydativer Prozeß vor, an dem sich der atmosphärische Sauerstoff beteiligt, wie bei den eigentlichen Atmungs- und Verbrennungserscheinungen. Aber die Essiggärung ist den Zuckerspaltungen nahe verwandt, nicht nur dadurch, daß viele Organismen Essigsäure aus

Kohlehydraten zu bilden vermögen, sondern auch darin, daß bei der Alkoholoxydation einfach die Weiterverarbeitung des von bestimmten Erregern gebildeten Sprits in einem anderen Organismus betrieben wird. Auch hier leistet bei den Versuchen von *Neuberg* und *Nord* mit Wein- und Essigbakterien, insbesondere beim *bacterium ascensum* und *bacterium pasteurianum*, das Abfangverfahren vorzügliches. Genau wie bei der Fixierung des Acetaldehyds als Zwischenstufe der alkoholischen Zuckerspaltung wird er auch bei der Essiggärung als Sulfidverbindung angehäuft, und zwar in ganz beträchtlichem Umfange. $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ vom Gewichte der unter den eingehaltenen Bedingungen erzeugten Menge Essigsäure könnte als Acetaldehyd festgehalten werden.

Bei den verschiedenen Arten von Kohlenhydratumsetzungen ist somit Acetaldehyd in ganz beträchtlichen Mengen isoliert worden. Damit ist diese Verbindung zu einer erheblichen biologischen Bedeutung gelangt. Seitdem *Liebig* im Jahre 1835 den Acetaldehyd charakterisiert hat, blieb diese Verbindung wegen ihrer großen Reaktionsfähigkeit dauernd Gegenstand des Interesses für die organischen Chemiker. *Daß aber der Acetaldehyd sich auch an biochemischen Vorgängen bedeutsam beteiligt, ist unerwartet*. Zwar sind unsicher Spuren von Aldehyd auch schon früher bei physiologischen Prozessen beobachtet; aber fast ausnahmslos fehlt die Feststellung, um welchen Aldehyd es sich gehandelt hat, und wo die Gegenwart von Acetaldehyd wahrscheinlich war, ließ sich eine sekundäre Bildung aus dem weit verbreiteten Äthylalkohol nicht ausschließen; denn er gibt durch unspezifische Vorgänge, bei Berührung mit porösen Körpern oder bei Belichtung sowie beim Zusammentreffen mit Metallen an der Luft Spuren von Aldehyd. So tritt bei der normalen Gärung eine qualitativ erkennbare, früher auf nachträgliche Alkoholoxydation bezogene Spur (etwa 0,01 %) Acetaldehyd auf, während beispielsweise bei der Sulfidgärung 75 %, also eine mehrtausendfache Menge erhalten wird.

Aber nicht nur auf dem Wege der Aldehydabfangung mittels Sulfid läßt sich die große Bedeutung des Acetaldehyds dartun, sondern auch durch mehrere andere Verfahren, die in gewissem Sinne verwandt sind. Schon bei den ersten Untersuchungen *Neubergs* und seiner Mitarbeiter über den Verlauf der Gärung bei alkalischer Reaktion hatte sich gezeigt, daß sich in Gegenwart von vielen alkalisch reagierenden Salzen, wie von Karbonaten, Phosphaten und Boraten der Alkalien, ebenfalls Acetaldehyd sowie Glycerin in gesteigerter Menge auftreten. Jüngst haben nun *Neuberg* und *Hirsch* den Beweis geführt, daß diese Salze und die Sulfite wesensgleich wirken. In beiden Fällen gibt nämlich der Zusatz den Anstoß zu den Veränderungen, und zwar durch den Eingriff in die Aldehydphase.

Bei der Gärung in Gegenwart von schwefligsaurem Salz wird der Acetaldehyd durch dieses

Abfangmittel festgehalten und somit aus der Kette der Reaktionen beseitigt. Wie wir gesehen haben, hat diese Ausschaltung zur Folge, daß die normalerweise als Schlußakt des Gärungsvorganges sich abspielende Hydrierung des Acetaldehyds vereitelt wird. Infolgedessen sucht sich der seiner normalen Bestimmung entzogene „Gärungswasserstoff“ ein anderes Angriffsobjekt. Er bewirkt an einem Zuckerhalbmolekül die Reduktion zu Glycerin. Dadurch entstehen Acetaldehyd und Glycerin stets genau in korrelativem Verhältnis.

Erfolgt die Vergärung nun beispielsweise in Gegenwart von Natriumbikarbonat, so ist gleichfalls die an der Aldehydphase einsetzende Veränderung das ausschlaggebende Moment. Nicht durch Fixation scheidet der Acetaldehyd aus der normalen Reaktionsfolge aus, sondern durch einen anderen Vorgang, nämlich durch Disproportionierung. Der Acetaldehyd geht die sogenannte Cannizzarische Reaktion ein, bei welcher unter Zuhilfenahme von Wasser 1 Mol Acetaldehyd reduziert, ein anderes oxydiert wird. Aus 2 Mol Acetaldehyd entstehen so je 1 Mol Alkohol und Essigsäure ($2 \text{ CH}_3 \cdot \text{CHO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2\text{OH} + \text{CH}_3 \cdot \text{COOH}$). Zu Beginn der alkalischen Gärung ist der Acetaldehyd tatsächlich in beträchtlicher Menge nachzuweisen, am Ende finden sich hauptsächlich seine erwähnten Umwandlungsprodukte vor. Da ursprünglich Glycerin und Acetaldehyd wieder in genau äquimolekularem Verhältnis entstanden waren, so sind zum Schluß Glycerin und Essigsäure einander entsprechende Gärprodukte. Ferner hat sich gezeigt, daß bei den sogenannten phytochemischen Reduktionen, d. h. bei der Umwandlung von Aldehyden und Ketonen oder Thioaldehyden in Alkohole bzw. Mercaptane, durch arbeitende Hefe gleichfalls Acetaldehyd auftritt. *Neuberg* und Mitarbeiter haben dargetan, daß diese Vorgänge auch unter dem Gesichtspunkte zu betrachten sind, daß hier die von außen kommenden zugefügten Verbindungen den Acetaldehyd aus der normalen Reaktionsfolge verdrängen, den dabei disponibel werdenden Wasserstoff auf sich ablenken, also zu einer Hydrierung verwenden und als ein entsprechendes Oxydationsäquivalent die Essigsäure übrig lassen. Bei der Glycerinbildung handelt es sich um eine ähnliche Verwendung des Gärungswasserstoffs durch einen internen Akzeptor. In allen Fällen ist also nach den Feststellungen von *Neuberg* und seinen Mitarbeitern die in irgendeiner Weise bewirkte Herausziehung des Acetaldehyds aus der normalen Bahn der Umwandlungen die Ursache für die Glycerinentstehung. Stets entspricht dem Oxydationsprodukt Acetaldehyd oder seinen Umlagerungsprodukten das Reduktionserzeugnis Glycerin.

Damit ist eine Reihe experimenteller Beweise für die allgemeine Rolle des Acetaldehyds als Produkt des intermediären Stoffwechsels erbracht. Diese Ergebnisse treten in Beziehung zu den seit Jahren vorliegenden, aber kaum beach-

teten Angaben von *Mazé*, *Perrier* sowie *Harden* und *Norris*, daß verschiedene Mikroorganismen den Acetaldehyd als alleinige Kohlenstoffquelle zu verwerten vermögen, also auf Lösungen von Acetaldehyd und geeigneten Stickstoffverbindungen und Salzen wachsen. Dadurch gewinnt die Anschauung eine Berechtigung, daß nicht nur der Acetaldehyd bei Spaltungen gebildet, sondern bei dem damit häufig verbundenen Um- und Aufbau wegen seiner großen Reaktionsfähigkeit ein wichtiges Ausgangsmaterial der Zelle bildet, die ihn vielleicht in ähnlich vielseitiger Weise benutzt, wie die in stetiger Ausdehnung begriffene Acetylenindustrie den Carbidaldehyd.

Diese Ausführungen mögen die Beschreibung eines von *Neuberg* angegebenen Vorlesungsversuches beschließen, der in wenigen Minuten die Anwendung und Wirkungsart seines Abfangverfahrens, das zu allen den erwähnten Schlußfolgerungen geführt hat, in einfachster Weise zu demonstrieren gestattet.

Zu 20 ccm einer 10-prozentigen Lösung von Roh- oder Traubenzucker fügt man 2 g frisch gefälltes Calciumsulfid ($\text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$) und 2 g Preßhefe. Durch Schütteln bewirkt man gleichmäßige Verteilung. Gleichzeitig setzt man eine Kontrollprobe an, bei der 20 ccm 10-prozentige Zuckerlösung allein mit 2 g Hefe behandelt werden. Beide Gefäße taucht man in ein Becherglas mit Wasser von 38–40° oder beläßt sie in einem ebenso temperierten Brutschrank. Nach kurzer Zeit beginnt die Kohlensäureentwicklung, die naturgemäß in der sulfithaltigen Probe etwas schwächer ausfällt. Nach $\frac{1}{4}$ Stunde kann man in letzterer das Auftreten von Acetaldehyd mit aller Schärfe nachweisen. Zu diesem Zwecke werden 3 ccm des Gärgutes mit einer Pipette entnommen und ohne Filtration mit $\frac{1}{2}$ ccm 4-prozentiger Nitroprussidnatriumlösung sowie mit 2–3 ccm 3-prozent. Piperidinlösung versetzt. Es tritt unmittelbar die für den Acetaldehyd charakteristische tiefe Blaufärbung ein, während die sulfitfreie Kontrollprobe unter diesen Bedingungen nicht gebläut wird. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde fällt die Reaktion noch viel kräftiger aus. Der Versuch kann mit käuflichen obergärrigen oder untergärrigen Hefen angestellt und in beliebig vergrößertem Maßstabe vorgeführt werden.

Literatur.

- C. *Neuberg* und J. *Kerb*, Entsteht bei zuckerfreien Hefegärungen Äthylalkohol? Zt. f. Gärungsphysiol. 1, 114, 1912.
- C. *Neuberg* und J. *Kerb*, Über die Vorgänge bei der Hefegärung. Ber. d. d. Chem. Ges. 46, 2225, 1913.
- C. *Neuberg* und E. *Färber*, Verlauf der alkoholischen Gärung bei alkalischer Reaktion. I. Biochem. Z. 78, 238, 1916.
- C. *Neuberg* und E. *Reinfurth*, Die Festlegung der Aldehydstufe bei der alkoholischen Gärung. Biochem. Z. 89, 365, 1918.
- C. *Neuberg* und E. *Reinfurth*, Natürliche und erzwungene Glycerinbildung bei der alkoholischen Gärung. Biochem. Z. 92, 234, 1918.
- C. *Neuberg*, Vorführung der Acetaldehydstufe bei der alkoholischen Gärung im Vorlesungsversuch. Zeitschrift f. Botanik 11, 180, 1918.
- F. F. *Nord*, Biochemische Bildung von Mercaptanen. Ber. d. d. chem. Ges. 52, 1207, 1919.
- C. *Neuberg* und F. F. *Nord*, Acetaldehyd als Zwischenstufe bei der Vergärung von Zucker, Mannit und Glycerin durch *beacterium coli*, durch Erreger der

Ruhr und des Gasbrandes. Biochem. Z. 96, 133, 1919.

C. Neuberg und F. F. Nord, Festlegung der Aldehydstufe bei der Essiggärung. Biochem. Z. 96, 158, 1919.

C. Neuberg und J. Hirsch, Verlauf der alkoholischen Gärung bei alkalischer Reaktion. II. Biochem. Z. 96, 175, 1919.

Mineralogie im Dienste der Geologie.

Von Prof. Dr. A. Johnsen, Kiel.

(Schluß.)

IV.

Druckbestimmung.

Außer der Temperatur, bei der sich dieser oder jener erdgeschichtliche Vorgang abspielte, interessiert den Geologen auch der dabei herrschende *Druck*. Dieser läßt sich für *bathogene* Prozesse (s. S. 666) bis zu Tiefen von mehreren Kilometern berechnen, da die Dichte der Gesteine bis zu jenen Tiefen annähernd bekannt ist. Man rechnet einfach das Gewicht einer Gesteinssäule aus, die sich von der betreffenden Stelle der Erdrinde radial bis zur Erdoberfläche erstreckt und deren Querschnitt gleich einer willkürlich gewählten Flächeneinheit ist. Mißt man das Gewicht, das bekanntlich gleich dem Produkt aus Rauminhalt und Dichte ist, in Kilogrammen und wählt die Flächeneinheit, also den Säulenquerschnitt gleich einem Quadratzentimeter, so erhält man durch Multiplikation des Säulengewichtes mit 1,033 den Druck in Atmosphären, durch Multiplikation des Säulengewichtes mit $980,6 \times 10^3$ den Druck in Dynen/cm². Setzt man die Dichte der Erdrinde rund gleich 2,6, so ergibt sich für je 4 m Tiefenzuwachs eine Druckzunahme von etwa 1 Atmosphäre, so daß der Druck in x Meter Tiefe gleich $\frac{x}{4}$ oder noch genauer $\frac{x}{4} + 1$ Atmosphären ist, da der Luftdruck = 1 Atmosphäre hinzugerechnet werden muß.

Der soeben beschriebene Druck ist unmittelbar unter der Erdoberfläche ein einseitiger, eine durch die Erdschwere in radialer Richtung bewirkte Pressung; mit zunehmender Tiefe treten zu dem Radialdruck wachsende seitliche Drucke hinzu. Zieht man vom Mittelpunkt eines Volumelementes der Erdrinde gerade Linien nach allen Richtungen und trägt auf jeder diejenige Druckgröße auf, die in dieser Richtung auf das Volumelement einwirkt, so bilden die Endpunkte aller Radienvektoren einen ellipsoidartigen Rotationskörper, dessen Achse in dem jenes Volumelement durchsetzenden Erdradius liegt; in dieser Richtung ist der Rotationskörper gestreckt. Betrachtet man der Reihe nach Volumelemente, die tiefer und tiefer unter der Erdoberfläche liegen, so nähern sich die seitlichen Drucke mehr und mehr dem in dem betreffenden Erd-

radius liegenden Maximaldruck, bis schließlich der Druck — wie in Flüssigkeiten und Gasen — allseitig gleich oder „hydrostatisch“ wird; die Rotationskörper gehen also in eine Kugel über. Obwohl die Gestalt dieser Körper nicht genauer bekannt ist, dürfen wir wohl schon in Tiefen von 40 km praktisch mit Kugelform rechnen, da hier bereits eine Temperatur von mindestens 1000° C und hochgradige Plastizität der Gesteinsmassen herrscht, deren Verhalten sich somit dem der Flüssigkeiten nähert. In den Flüssigkeiten und Gasen, die — wie Wasser, Luft, Kohlensäure — in vielen Mineralkörnern der Gesteine eingeschlossen sind, verteilt sich der Druck natürlich *stets* gleichmäßig; sein Betrag kann für jede beliebige Bildungstiefe gleich dem Gewicht der auf der Querschnittseinheit des Einschlusses ruhenden Gesteinssäule gesetzt werden, die sich radial bis zur Erdoberfläche erstreckt. Einseitig überwiegender Druck, also Pressung, kann in festen Gesteinen übrigens nicht nur radial, sondern zuweilen auch tangential auftreten, nämlich dann, wenn infolge der dauernden Abkühlung der Erde eine thermische Kontraktion stattfindet. Denken wir uns die Erdrinde aus konzentrischen Schalen aufgebaut, so wird von zwei benachbarten Schalen die untere im allgemeinen eine stärkere Zusammenziehung erfahren als die obere, weil sie eine höhere Temperatur besitzt und die thermischen Ausdehnungskoeffizienten meist mit steigender Temperatur wachsen. Die liegende Schicht übt daher auf die hangende eine in der Grenzebene wirkende „scherende Kraft“ aus, welche eine tangentielle Kontraktion des Hangenden zur Folge hat. Ist dieser tangentielle Pressungsdruck innerhalb der hangenden Schicht größer als das Gewicht der auf ihrer Oberfläche einwirkenden lastenden Gesteinsmassen, so wird diese Schicht samt den höheren gefaltet werden, wie etwa ein seitlich zusammengedrückter Stoß Zeitungsblätter auf ebener Unterlage. So entstehen Faltengebirge wie die Alpen, und es könnte ihre Bildung experimentell nachgeahmt werden, indem man eine Kugel aus konzentrischen Schichten verschiedenen Materials aufbaut, das möglichst verschiedene Ausdehnungskoeffizienten besitzt, und dann jene Kugel in ein Kältegemisch bringt. *Die bisherigen geologischen Apparate zur Nachahmung der Gebirgsfaltung sind unrichtig*, da sie der oben dargelegten Bildungsweise der Erdfaltungen keine Rechnung tragen. Das einfachste Modell wäre ein Bratapfel; indem Wasser aus seinem Inneren durch Löcher und Risse der Schale entweicht und infolgedessen das austrocknende Fleisch sich zusammenzieht, entstehen scherende Kräfte zwischen Fleisch und Schale und diese wird gefaltet.

Solche tangentielle Gesteinspressung geht offenbar ebenso wie die radiale innerhalb gasförmiger und flüssiger Gesteinspartien in allseitigen Druck über. Die Größe jener Tangentialdrucke ist bisher nicht genauer bekannt. Falls

man künftig die größten Tiefen anzugeben vermöchte, bis zu denen Faltung sich vollzog, so würde der leicht zu berechnende Radialdruck jener Maximaltiefe eine untere Grenze für die Größe des dortigen Faltungsdruckes darstellen.

Die in der Erdtiefe sich abspielenden chemischen und physikalischen Reaktionen sind weit mehr durch allseitigen als durch einseitigen Druck beeinflusst; da nun die Größe p der meisten thermodynamischen Gleichungen *allseitigen* Druck bedeutet, so können diese auf die intratellurischen Reaktionen angewandt werden.

Die im Meere abgelagerten Kalksandsteine und sandigen Mergel können, wie überhaupt alle Gesteine, zweierlei Metamorphosen erfahren. Einmal werden sie „*kontaktmetamorphosiert*“, wenn in irgendwelcher Tiefe ein Eruptivmagma in ihre Nähe gelangt und bei seiner Erstarrung heiße Wasserdämpfe oder auch bloße Wärme an sie abgibt. Sie gehen dann in Kalkhornfelse, Kalksilikathornfelse oder marmorartige Massen über. Zweitens gelangen jene Gesteine, indem sich immer neue und neue Schichten auf ihnen ablagern, in wachsende Erdtiefe, so daß sie steigenden Drucken und Temperaturen ausgesetzt werden. Die hierbei eintretende Anpassung an die veränderten Daseinsbedingungen heißt „*Regionalmetamorphose*“ und schafft die sogenannten „*kristallinen Schiefer*“. Kalkig-tonig-sandige Gesteine werden hierbei in geringerer Tiefe zu Kalktonschiefen und mit zunehmender Tiefe nacheinander zu Kalkphylliten, Kalkglimmerschiefen, Kalksilikatgesteinen (und Marmoren).

Regionalmetamorphose ist ein bathogener, Kontaktmetamorphose ein plutogener Vorgang (s. S. 666).

Bei diesen Prozessen liefern der *Kalkspat* (CaCO_3) und der *Quarz* (SiO_2) des ursprünglichen Gesteins zuweilen *Wollastonit* (CaSiO_3) und *Kohlensäure* (CO_2) nach folgender chemischen Gleichung: $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$. So findet man Wollastonit in den Marmoren des Granitkontaktes von Auerbach im Odenwald, in den ungarischen Syenitkontaktkalken von Cziklowa und Rezbanya, in Granitkontaktgesteinen der Insel Elba, im Syenitkontakt der schwedischen Insel Alnö und in den Kontaktmarmoren von Magnet Cove in Arkansas; auch die tertiären Phonolithlaven des Kaiserstuhls in Baden und die rezenten Andesitlaven der Insel Santorin bergen nicht selten Wollastonitkristalle, die aus lavaumflossenen Fragmenten kalkigsandiger Sedimente hervorgingen; nach A. Bergeat sind die Quarzwollastonitfelsen des mexikanischen Staates Zacatecas aus quarzarmen Kreideschichten entstanden, die ein Dioritmagma nicht nur mit heißem Wasserdampf, sondern obendrein mit Kieselsäure (SiO_2) erfüllte. Ob regionalmetamorphe Wollastonitgesteine existieren, die völlig frei von kontaktmetamorphen Einflüssen sind, erscheint fraglich; sind doch überhaupt manche kristallinen Schiefer kaum von Kontaktgesteinen zu trennen.

Es ist klar, daß die mit Kohlensäureentwicklung verbundene Genese des Wollastonites nur unter *solchen* (allseitigen) Drucken vor sich gehen kann, die geringer sind als die Dissoziationsspannung des in $\text{CaO} + \text{CO}_2$ zerfallenden Kalkspates bei der jeweils herrschenden Temperatur. Andernfalls spielt sich die Reaktion der soeben formulierten chemischen Gleichung von rechts nach links statt von links nach rechts ab. Sind Zersetzungsspannung des Kalkspates und Außendruck einander gerade gleich, so sind alle vier Mineralien der Reaktionsgleichung miteinander im Gleichgewicht; in der Tat hat V. M. Goldschmidt im Kristianiagebiete Hornfelse beobachtet, die Wollastonit, Quarz und Kalkspat nebeneinander enthalten, und es wäre von Interesse, die häufigen flüssigen Einschlüsse der Wollastonite auf CO_2 -Gehalt zu prüfen.

Wir bedenken jetzt, daß die in der Tiefe metamorphosierten Gesteine meist im Gebirge von uns angetroffen werden, nachdem sie durch Faltungsbewegungen der Erdrinde zu Sätteln („Antiklinalen“) emporgestaucht und sodann durch Abtragung („Denudation“) des Faltengebirges freigelegt wurden. Da hierbei die metamorphosierten Gebilde in immer geringere Tiefe gelangten, so müßte infolge der sinkenden Temperaturen und Drucke die vorherige Metamorphose rückgängig werden. In der Tat hat F. Becke derartige Gesteine als „*Diaphthorite*“ beschrieben. *Solche Gesteine können sich nur dann bilden, wenn Hebung und Abtragung nicht wesentlich schneller als die betreffenden Reaktionen erfolgen.* Die Wollastonitbildung aber wird im allgemeinen nicht rückläufig werden, da die bei ihr freigewordene CO_2 entwichen ist. Wo jedoch die CO_2 der Atmosphäre oder kohlenaurer bzw. karbonathaltiger Quellwässer an den Wollastonit herantritt, kann man die Rückbildung von Quarz und Kalkspat erwarten. So ist der Wollastonit der erwähnten Kaiserstuhllava von Oberschaffhausen vielfach in Aggregate von Kalkspatkristallen zurückverwandelt; Quarz scheint darin zu fehlen, die Kieselsäure also — vielleicht in Gestalt leichtlöslicher Silikate — fortgeführt zu sein.

V. M. Goldschmidt hat nun (1912) aus dem *Nernstschen Wärmethorem* die bei verschiedenen absoluten Temperaturen T herrschenden Dissoziationsspannungen p (in Atmosphären) des Kalkspates (CaCO_3) berechnet; ist nämlich Q die in Grammkalorien gemessene Wärme, die unter konstantem Druck bei der Bildung einer Gramm-molekel Wollastonit (CaSiO_3) absorbiert wird, und K die von *Nernst* als „chemische Konstante“ bezeichnete Größe, so gilt

$$\lg p = 1,75 \lg T + K - \frac{Q}{4,57 T},$$

wobei die beiden Zahlen von den gewählten Maßeinheiten abhängen. Setzt man für die Reaktion $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$ auf Grund experimenteller Bestimmungen $K = 3,2$

und $Q = 25\,300$, so erhält man die Gleichgewichtskurve jener Reaktion, indem die Temperaturen als Abszissen und die Drucke als Ordinaten fungieren. Jene Kurve ist in unserer Fig. 5, die aus einer Goldschmidtschen Darstellung durch einige Modifizierung hervorgegangen ist, als „Grenzkurve“ bezeichnet. Sie verläuft nach Art der Dampfspannungskurven von links unten in beschleunigtem Anstieg nach rechts oben. Das Gebiet links oben von der Kurve ist das Stabilitätsgebiet der Kombination Quarz—Kalkspat, während Wollastonit unter denjenigen Bedingungen beständig ist, die rechts unten von der Kurve liegen. Bei konstantem Druck verschiebt sich also mit steigender Temperatur das Gleichgewicht zugunsten von Wollastonit, während unter konstanter Temperatur ein Anwachsen des Druckes zur Bildung von Quarz und Kalkspat auf Kosten des Wollastonites führt. Die Fig. 5 zeigt, daß in der sogenannten „inneren Kontaktzone“, also in Gesteinen, welche die Hitze eines erstarrenden Magmas aus nächster Nähe empfangen haben, Wollastonit zu erwarten ist, während die Gesteine

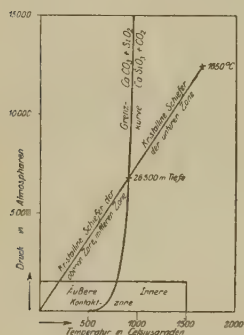


Fig. 5.

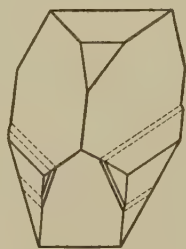


Fig. 6.

des äußeren Kontakthofes weniger hoch erhitzt und daher nicht mit jenem Mineral ausgestattet wurden, was in der Tat mit verschiedenen Beobachtungen übereinstimmt. Diejenige Art von Kontaktmetamorphose, die auf reiner Hitze Wirkung (ohne Dampfzufuhr, u. dergl.) beruht und von F. Rinne als Thermometamorphose, von R. Brauns als Pyrometamorphose bezeichnet wurde, spielt sich unter Drucken ab, die weniger als 500 Atmosphären betragen, und daher kann sich in diesen Fällen der Wollastonit schon von etwa 550 ° C an bilden.

Die gerade Linie, die in Fig. 5 von links unten nach rechts oben verläuft, bedeutet die Temperatur-Druck-Bedingungen der bathogenen Prozesse, also besonders der regionalmetamorphen Bildung der kristallinen Schiefer. Diese Gerade, die ich als „Geothermobare“ bezeichnen möchte, wird von der Goldschmidtschen „Grenzkurve“ in einem Punkt geschnitten, welcher einer Temperatur von 900 ° C und einem Drucke von 6750 Atmosphären, d. h. einer Tiefe von 27 km entspricht. In großen Tiefen, also in kristallinen Schiefer der „unteren Zone“ ist Wollastonit, in

der mittleren und oberen Zone Kalkspat + Quarz stabil; in Übereinstimmung hiermit findet man Wollastonit nur in Marmoren und Kalksilikaten der unteren Zone, nicht in den Kalkglimmerschiefern der mittleren oder in den Kalkphylliten und Kalktonschiefern der oberen Zone.

In Hohlräumen des vulkanischen Melaphyrs von Oberstein a. d. N. finden sich Quarz und Kalkspat; da der Außendruck bei ihrer Bildung wohl sehr gering war, muß diese nach Fig. 5 unterhalb + 600 ° erfolgt sein; in der Tat sind die Quarze frei von der bei 575 ° eintretenden Zwillingsbildung (s. S. 670).

Somit liefert uns die mineralogisch-petrographische Feststellung von Wollastonit einerseits, von Quarz + Kalkspat andererseits einen Anhaltspunkt für den allseitigen Druck (und die Temperatur) während der Genese oder Metamorphose des betreffenden Gesteins; denn da bei der Wollastonitbildung die entstehende Kohlensäure größtenteils entweicht, so bleibt uns der einmal entstandene Wollastonit meist auch trotz späterer Hebungen und Entlastungen seines Muttergesteins als geologisch wichtiges Dokument erhalten.

Daß auch gewisse Schlüsse auf die Größe einseitiger Drucke, d. h. radialer oder tangentialer Pressungen, gezogen werden können, möchte ich hier im Anschluß an die soeben geschilderte Ermittlung allseitiger Drucke noch kurz darlegen. Wenn ein einseitiger Druck nicht an allen Stellen des gepreßten Querschnittes gleichmäßig wirkt, also nicht überall gleich groß ist, so entstehen Schiebungen oder Scherungen; je größer die Druckdifferenz, desto größer ist die scherende Kraft; jene Differenz wird — ceteris paribus — um so größer ausfallen können, je größer der größte dieser differierenden Drucke ist. Solche in gewissen Erdtiefen auftretenden scherenden Kräfte bewirken in manchen kristallisierten Mineralarten sogenannte „Schiebungen nach Gleitflächen“ oder kurz „Kristallschiebungen“. Es sind nämlich bestimmt orientierte Ebenen jener Kristalle aus irgendwelchen kristallphysikalischen Gründen als Gleitflächen prädestiniert, und wenn nun eine scherende Kraft längs einer solchen prädestinierten Gleitfläche angreift, kommt eine angrenzende Kristallschicht ins Gleiten, die um so dicker ist, je längere Zeit die Kraft wirkt; die im Abstände Eins von jener Gleitfläche herrschende Gleitstrecke ist nicht etwa proportional der Kraft, sondern eine Konstante der betreffenden Kristallart. Die verschobene Schicht heißt Schiebungslamelle oder Zwillingslamelle, da sie zusammen mit dem nicht verschobenen Kristallteil einen sogenannten Kristallzwilling bildet. Solche Zwillingslamellen lassen sich meist im auffallenden oder im durchgehenden Licht unter dem Mikroskop erkennen. Nun hat man an einer Anzahl von Mineralarten derartige Lamellen durch künstliche Pressung erzielt und dabei die Größe des Pressungsdruckes

gemessen. Trifft man eine solche Mineralart, von Zwillinglamellen durchsetzt, in einem Gesteine an, so wird letzteres in der Natur zeitweilig Pressungen ausgesetzt gewesen sein, die mindestens so stark wie jene künstlichen Pressungen waren. Dabei ist freilich noch folgendes zu bedenken. Je plastischer das Mineral ist, um so geringere Pressung dürfte zur Entstehung von Zwillinglamellen führen. Nun wächst aber die Plastizität eines Minerals mit der Temperatur und mit dem *allseitigen* Drucke, denen es ausgesetzt ist. Bei höheren Temperaturen und bei größeren allseitigen Drucken genügt also zur Erzeugung von Zwillinglamellen ein geringerer einseitiger Überdruck (Pressungsdruck) als bei tieferen Temperaturen und kleineren allseitigen Drucken. Temperatur und Druck variieren aber mit der Erdtiefe. Je größer diese ist, um so höher wird die Temperatur und immer größer wird auch der allseitig-gleiche Druckanteil P_1 sowie der radiale einseitige Maximaldruck P_2 . Die Differenz beider Drucke $P_2 - P_1$ wächst in geringeren Erdtiefen mit zunehmender Tiefe, erreicht dann ein Maximum und nimmt in noch größeren Tiefen wieder ab. Dementsprechend kann man auch die Experimente variieren. Bettet man nämlich den zu pressenden Kristall in irgendein Pulver ein, das man innerhalb eines unten geschlossenen stählernen Hohlzylinders um den Kristall herum feststampft, und treibt in den Zylinderhohlraum einen genau passenden Stahlstempel hinein, so verteilt sich der einseitige auf den Stempel ausgeübte Druck, den man zu messen vermag, in der Einbettungsmasse so, daß die Druckgrößen etwa wie die Radienvektoren eines Rotationsellipsoides verteilt sind, das parallel der Stempelachse gestreckt ist. In dieser Weise wirken also die Drucke in den verschiedenen Richtungen auf den Kristall. Je mehr von dem Einbettungspulver man nun zwischen Kristall und Stempel bringt, desto kugelhähnlicher wird jener Rotationskörper, so daß man die Druckverhältnisse verschiedener Erdtiefen nachahmen kann. Ebenso vermag man offenbar die Temperatur zu variieren. Nach dieser Methode wurden z. B. Kristalle des Minerals Titanit (CaSiTiO_6) bei Zimmertemperatur in Schwefelpulver gepreßt; hierbei erzeugte ein Pressungsdruck von 5000 Atmosphären Zwillinglamellen (Fig. 6). Da in einer Erdtiefe von 20 km ein radialer Druck von jenem Betrage, zugleich aber eine Temperatur von etwa 600°C herrscht, so hätten wir zwillinglamellierten Titanit in Gesteinen zu erwarten, die etwa in Tiefen von mindestens 10 km gebildet sind. Dementsprechend finden wir ihn in Gneisen, Eklogiten und Marmoren der tiefsten Zone sowie in Amphiboliten und Amphibolschiefern der mittleren Zone. Wo wir dagegen Titanit mit Zwillinglamellen in kristallinen Schiefern der obersten Zone antreffen, hätten wir *tangentiale Faltungsdrucke von mindestens 5000 Atmosphären* anzunehmen.

Schluß.

Am Schlusse dieser Betrachtungen, die uns die Mineralogie sozusagen in geologischer Livrée gezeigt haben, kehren wir zum Ausgangspunkte zurück und lenken unsern inzwischen geschärften Blick auf das Verhältnis jener beiden Wissenschaften hin.

Die Probleme des Mineralogen sind entweder *kristallogenetische* und *kristallphysikalische* oder *minerogenetische* und *petrogenetische*. Während die ersteren aus dem Vorgange der Kristallisation sowie aus den physikalischen Kristalleigenschaften, also allgemein aus vektoriellen Erscheinungen erwachsen, heften sich die letzteren an die Prozesse der Mineralgenese oder der Gesteinsbildung und erlangen dadurch geologisches Gewicht. Wie die *Petrographie* oder Gesteinslehre auf dem Studium der gesteinsbildenden Mineralien fußt, so bildet sie ihrerseits eines der Fundamente der Geologie. Daher pflegen die geologischen Lehrbücher ein Kapitel über Petrographie als geologische Hilfswissenschaft zu enthalten. Unter der Petrographie aber zieht der Geologe gewissermaßen einen Strich, indem er deren speziell mineralogische Grundlagen mit Recht ignoriert. Wollte er noch weiter in dieser Richtung eindringen, so müßte er konsequenterweise bis zu dem physikalischen Sockel der Mineralogie, ja bis zu den mathematischen Grundmauern der Physik oder gar in die mathematischen und logischen Axiome hinabsteigen — Tiefen, in denen selbst der Mineraloge sein Ich verlieren würde, obwohl er ihnen um eine Etappe näher steht. So manche Disziplin leiht ihren Hilfswissenschaften Probleme und erhält diese samt ihrer Lösung — wie mit Zinsen — zurück, verzichtet aber meist auf gleichzeitigen Empfang der benutzten Methoden. Jedwedes petrogenetische Problem der Mineralogie ist Glied eines geologischen Problems und erscheint daher weniger umfassend und bedeutend als dieses. Derselbe Zustand oder Vorgang, der für den großzügigen Geologen ein Kontinuum bildet, bietet sich den mehr mikroskopierenden Blicken des Mineralogen als Diskontinuum dar. Indem sich an die mineralogische Analyse die geologische Synthese anreihet, werden die Komponenten einer Erscheinung entwirrt und wieder zusammengefügt, und diese bildet sodann einen Teil wissenschaftlicher Erkenntnis.

Jegliche Wissenschaft besteht aus *Problemen*, *Methoden* und *Erkenntnissen*. Wenn nun auch jede petrogenetische Frage Bestandteil eines geologischen Problems ist, so setzt sich dieses doch nicht ausschließlich aus solchen Fragen mineralogischer Natur, sondern auch aus *historischen* Aufgaben zusammen. Das sind die Fragen nach *Ort* und *Zeit*, die außerhalb des mineralogischen Interessenkreises liegen, gleichwohl aber zuweilen, wie in den Kapiteln I und II gezeigt wurde, von Mineralogen wie von Physikern und Chemikern beantwortet werden können, wo geo-

logische Methoden versagen. Wenn die Mineralogie das Alter vulkanischer Ergüsse der Auvergne oder die Tiefe einer uralischen Gangbildung ermittelt, stellt sie sich eigentlich völlig selbstlos in den Dienst der Geologie oder „Erdgeschichte“, die, wie ihr Name schon sagt, historisches Wesen besitzt. Die Methode, die da der Mineraloge ersinnt oder betätigt, ist die Brücke, die vom Problem zur Erkenntnis führt, gleicht einer Maschine, die Rohstoff in nützliches Fabrikat verwandelt; indem er jene Brücke schlägt und diese Maschine baut oder in Gang setzt, empfindet er die reine Freude des Ingenieurs und den wunderbaren Reiz, den das zweckmäßige Funktionieren einer Konstruktion ausübt.

Dafür aber, daß die Mineralogie sich auf diesen geologischen Hilfsdienst nicht zu beschränken braucht, sorgt hinlänglich die Legion kristallphysikalischer und kristallogenetischer Rätsel, die den tiefsten Tiefen der Materie entsteigen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Bemerkungen zur Kurve der Atomvolumina.

Die Deutung der die Eigenschaften des periodischen Systems so deutlich widerspiegelnden Kurve der Atomvolumina ist seit Annahme des Bohrschen Atommodells ein gutes Stück vorwärts gekommen. Als besonders fruchtbar hat sich die Fassung erwiesen, welche Herr W. Kossel diesem Modell gegeben hat. In seiner Ansprache zur Feier des 60. Geburtstages von M. Planck kommt Herr A. Sommerfeld auf Folgerungen zu sprechen, welche die Kosselschen Vorstellungen vom Bau des Atoms hinsichtlich der Atomvolumina — oder, wie er dort hervorhebt, der Atomgrößen — zu ziehen gestatten. Die Senkungen der Kurve werden der Wirkung verstärkter Kernladung, die Hebungen der Neubildung von Ringen zugeschrieben, ersteres unter Belegung durch quantitative Beziehungen, letzteres mehr andeutungsweise.

Von weitergehender Sicherheit in diesen Folgerungen sind wir noch weit entfernt, und so mag es auch zweifelhaft sein, ob der von Herrn Sommerfeld gemachte Vorschlag, zur Erklärung der Hebung der Kurve eine Ringteilung schon in den kleinen Perioden anzunehmen, Bestätigung finden wird. Es verlohnt sich jedoch, zu betonen, daß die beiden von Herrn Sommerfeld angeführten Momente schon jetzt eine Analyse der Kurve der Atomvolumina bis in Einzelheiten hinein zu liefern vermögen.

Die Diskussion mag durch folgende Sätze präzisiert werden:

1. Hebung der Kurve findet bei Bildung eines neuen Ringes statt.
2. Der Einsatz der Kurvenhebung liegt schon vor Beginn des neuen Ringes und ist durch Kraftfeldausbauchung des alten Ringes bedingt.
3. Senkung der Kurve wird durch wachsende Kernladung hervorgerufen.

Der Vergleich der Atomvolumina V in Fig. 1 mit der von Herrn Kossel angegebenen Darstellung der Hauptvalenzen (Zahl der Elektronen Z) in Fig. 2 (siehe auch diese Zeitschrift, 7, S. 344, 1919) — beide als Funktionen der Grundzahl N — mag die Betrachtung erleichtern.

Satz 1 wird auf zweifache Weise bestätigt: Einmal sowohl in den kleinen, wie in den großen Perioden. Hinter den Edelgasen Ne, A, Kr, X, Em bilden sich nach Herrn Kossel neue Ringe, dem entsprechend der Anstieg zu den markanten Maximis, welche der Gesamtkurve ihr charakteristisches Gepräge geben. Zweitens in den großen Perioden allein. Ihre 18 Elemente dürfen keinesfalls in einheitlicher Ringanordnung liegend gedacht werden. Wir müssen eine Zweiteilung,

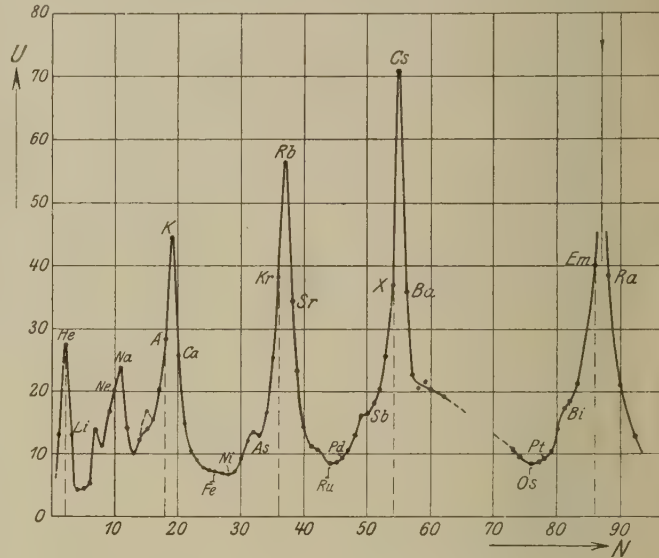


Fig. 1.

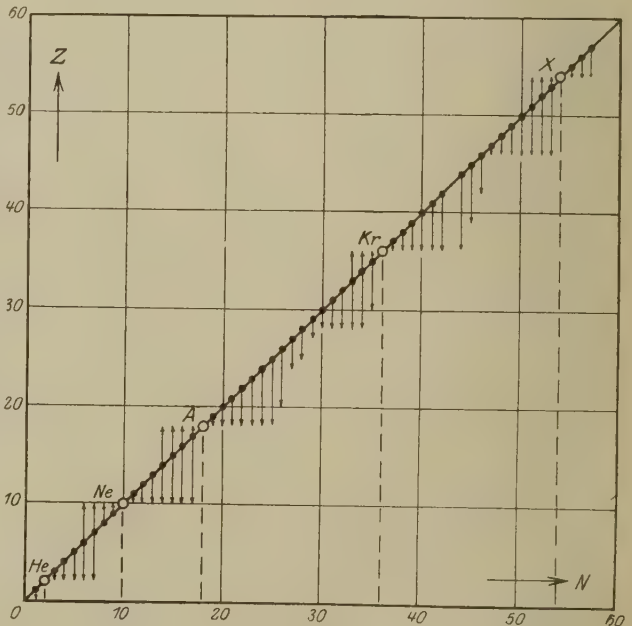


Fig. 2.

etwa eine solche von $10 + 8$ annehmen, deren Spaltung hinter Ni, Pd, in der letzten Periode, welche durch die Erden noch eine besondere Komplikation erfährt, hinter Pt liegt. Dementsprechend der Anstieg hinter diesen Elementen.

Satz 2 wird ebenfalls in doppelter Weise bestätigt: Die kleinen Perioden haben hinter C und Si einen scharfen Anstieg. Daß diesem Anstieg eine intensive Ausbuchtung des Atomkraftfeldes entspricht, wird aus

der Darstellung der Hauptvalenzen (Fig. 2) deutlich. Bei C und Si gehen die Pfeile nach oben, die Valenzen werden negativ, das Atom bekommt gegenüber Elektronen eine ansaugende Wirkung.

Ebenso in den großen Perioden hinter As, Sb, Bi.

He im innersten Ringe 2 statt 3 Elektronen stehen. Das grundlegende Schema, welches die Betrachtung der Kurve der Atomvolumina für die Verteilung der Elektronen auf die einzelnen Ringe nahelegt, ist dann das folgende:

Ringschluß	Nummer (Quantenzahl) der Ringe										Zahl der Elektronen	
	1	2	3	4		5		6		7	Insgesamt	In den Perioden (Differenz gegenüber der vorhergeh. Reihe)
				a	b	a	b	a	b			
He.....	2										2	2.1 ²
Ne.....	2	8									10	2.2 ²
A.....	2	8	8								18	2.2 ²
Kr.....	2	8	8	10	8						36	2.3 ²
X.....	2	8	8	10	8	10	8				54	2.3 ²
Em.....	2	8	8	10	8	10	8	10	8		86	2.4 ²
								(+14)				
—	2	8	8	10	8	10	8	10	8	6	92	—
								(+14)				

Hier, wo mit Annäherung an die Edelgase Rb, Cs, Em die nahen Gleichgewichtskonfigurationen dem Atomkraftfeld für Elektronen ansaugende Wirkung geben, die Pfeile in Fig. 2 sich ebenfalls nach oben wenden, beginnt auch in den großen Perioden nach vorübergehendem Nachlassen des Anstiegs eine neue Wendung nach oben.

Satz 3 ist durch Herrn Sommerfelds Ausführungen belegt. Auch hier kann eine zweifache Begründung gegeben werden. Wachsender Kernladung ist die Zusammenziehung der Atomgrößen vor allem hinter den Maximis bei Na, K, Rb, Cs und hinter dem nicht bekannten und wegen seiner abnormen Atomgröße in unserer Welt nicht existenzfähigen radioaktiven Alkali, d. h. also bei Ca, Sr, Ba, Ra zuzuschreiben. Zweitens aber auch in den großen Perioden vor As, Sb, Bi das Nachlassen des Anstiegs. Hier ist hinter dem Zehner- der Achterring in Bildung begriffen und zeigt dieselbe Tendenz wie der Achterring der kleinen Perioden, nur, entsprechend seiner geringeren, weil nicht vom Edelgasgleichgewicht ausgehenden Bildungsenergie, in abgeschwächtem Maße. So entstehen die eigentümlichen, rhythmischen Buckel vor As, Sb, Bi. Der schwächeren Bildungsenergie des Achterringes der großen Perioden ist es auch zuzuschreiben, daß nicht schon vor seinem Beginn hinter Ni, Pd, Pt ein Anstieg zu bemerken ist. Dem entspricht es auch, daß hier keine negativen, Elektronen ansaugenden Valenzen in Fig. 2 zu finden sind.

Die Diskussion der obigen drei Sätze wäre damit durchgeführt. Zu bemerken wäre noch, daß die Buckel bei N und P (rot) in den kleinen Perioden durch Satz 3 nicht ohne weiteres gedeutet werden können. Ihnen müssen anderweitige Annahmen zugrunde gelegt werden. He fällt ganz aus dem Schema des Kurvenverlaufs heraus, ebenso wie die Erden. Doch dürfen Abweichungen von der Norm im Beginn der Atombildung und bei sehr großen Atomen, wo innere Zusammenstöße und Umordnungen vorkommen mögen, am ehesten erwartet werden.

Endlich noch ein Wort über die Annahme der Ringanordnung, welche der obigen Erörterung zugrunde liegt. Sie geht auf Besonderheiten innerer Umordnungen, wie sie durch die Arbeiten Debyes, Vegards und anderer nahegelegt sind, nicht ein, läßt also hinter

Man begreift, warum der Doppelring 4, a, b, 5, a, b bei Bildung seiner Achterhälfte b in allen Kraftfeldäußerungen schwächer funktionieren muß als der einheitliche Quantenring der kleinen Perioden. Sowohl der Anstieg wie der Abfall, der nach obigen Sätzen zustande kommt, ist flauer. Das Energiequant, welches dort auf einen einheitlichen Ring entfällt, verteilt sich in den großen Perioden auf einen Doppelring.

Trotz aller Umordnungen, welche sich in das obige Schema einfügen mögen, und welche insbesondere bei den Erden anzunehmen sind, bleibt seine Gesetzmäßigkeit erhalten. Die Atomvolumina bezeugen dies. Die Stabilität der Ringe scheint dabei Gleichheit des Abstandes der einzelnen Ringelektronen in den ersten der kleinen und großen Perioden zu erfordern; denn sowohl die Ringradien wie die Elektronenzahlen nehmen in ihnen wie die Quadrate der Quantenzahlen zu.

Zusammenfassend können wir sagen, daß unser Verständnis der Kurve der Atomvolumina durch Überlegungen, wie die obigen, gefördert ist und seine Deutung, wenn auch noch nicht lückenlos, so doch in den Grundzügen bis in rhythmisch wiederkehrende Einzelheiten hinein feststeht.

Darmstadt, den 16. Juli 1919.

H. Baerwald.

Die Erscheinungen an einzelnen radioaktiven Probekörpern der Größenordnung 10^{-4} bis 10^{-5} cm.

Der eine von uns hat in der Abhandlung „Über die Teilbarkeit der Elektrizität“⁽¹⁾ bereits darauf hingewiesen, daß auch hinsichtlich der als α -Partikel bezeichneten Komplexe die kritische Fragestellung über die Gleichheit dieser Partikel vorerst durch eigene Versuche beantwortet werden müßte, welche ihm nicht mehr außerhalb des Rahmens experimenteller Möglichkeit zu liegen schienen. Seither haben wir die elektrischen Vorgänge an einzelnen radioaktiven Probekörpern der Größenordnung 10^{-4} — 10^{-5} cm untersucht und quantitativ verfolgt. Wir haben der Wiener Akademie der Wissenschaften am 5. März 1919 ein versiegeltes Schreiben unter dem Motto „Radioaktivität und Elektrizität“ überreicht, in dem bereits ein

¹⁾ Annalen der Physik Bd. 56, 1918, S. 69.

Teil der grundlegenden Resultate enthalten ist. Eine ausführliche Veröffentlichung erfolgt demnächst.

Wien, Physikalisches Institut, 6. August 1919.

F. Ehrenhaft. D. K. Konstantinowsky.

Bemerkung zu meinem Aufsatz:

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie.

In meinem Aufsatz steht, worauf mich Herr Einstein aufmerksam macht, ein ganz irreführender Satz, den ich richtigstellen möchte.

Auf Seite 635 in der vorletzten Zeile der ersten Spalte heißt es: Die Kenntnis des Gravitationspotentials an der Oberfläche des Sternes, d. h. also die Kenntnis der Gravitationsverschiebung der Spektrallinien, erlaubt das Verhältnis: $\frac{\text{Masse}}{\text{Dichte}}$ für einen Stern

zu berechnen: Das ist nicht richtig und steht im Widerspruch zu dem 22 Zeilen vorangehenden Satze, wonach man auf Grund der Kenntnis des Gravitationspotentials an der Oberfläche nur miteinander *verträgliche* Werte für Masse, und Dichte zu berechnen vermag. Will man also das Verhältnis: $\frac{\text{Masse}}{\text{Dichte}}$ berech-

nen, so muß man über eine der beiden Größen eine Verfügung treffen. Es fehlt folglich in dem betreffenden Satze ein Nebensatz des Inhaltes, daß über die mittleren Dichten der B-Sterne verfügt wurde, und daß in der folgenden Rechnung dafür der Wert: $\frac{1}{10}$ Sonnendichte gewählt wurde. (Siehe Zeile 14 von unten auf Seite 635, 1. Spalte.)

Die mittlere Dichte kann man übrigens nur für eine kleine Zahl von B-Sternen abschätzen, die spektroskopische Doppelsterne sind und bei denen man zugleich, infolge periodisch wiederkehrender Bedeckungen beider Komponenten, einen Lichtwechsel beobachtet. Was die Einzelheiten betrifft, so möchte ich auf die demnächst erscheinende ausführliche Publikation in der Phys. Zeitschrift verweisen.

Berlin-Neubabelsberg, den 28. August 1919.

Erwin Freundlich.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 14. Juni 1919 hielt Professor Bergsträßer (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über seine Reisen in Syrien, die er in den Jahren 1914 und 1918 zwecks sprachwissenschaftlicher Studien ausgeführt hat. Bei diesen Reisen handelte es sich nicht nur um die Sammlung von sprachlichem Material nach dem Muster des französischen Atlas linguistique, sondern es war auch eine **sprachgeographische Erforschung von Syrien** geplant, um von den sprachlichen Verhältnissen des ganzen Landes eine Vorstellung zu bekommen und vor allem die Abhängigkeit dialektischer Verschiedenheiten von geographischen, ethnographischen und historischen Bedingungen klarzulegen. Die sprachwissenschaftlichen Ergebnisse der ersten Reise hat der Vortragende in einem 1915 erschienenen Sprachatlas von Syrien und Palästina niedergelegt.

Am geringsten sind die Verschiedenheiten zwischen den Dialekten der größeren Städte; zu diesem verhältnismäßig einheitlichen Städterdialekt steht im schärfsten Gegensatz der nicht ganz so einheitliche, aber immer noch wenig differenzierte Beduinendialekt; und zwar ist die Sprache der Beduinen am reinsten arabisch, während die der Städter Berührungen mit einer anderen semitischen Sprache, dem Aramäischen zeigt, dessen bekanntester Dialekt das Syrische ist.

Das erklärt sich aus den ethnographisch-historischen Verhältnissen; während die Beduinen einigermaßen unvermischte Araber sind, ist die städtische Bevölkerung hervorgegangen aus einer Mischung zwischen einer ziemlich schwachen Oberschicht von arabischen Eroberern und der alteingesessenen, aramäisch sprechenden Masse. Die Sprache der ansässigen Bevölkerung des flachen Landes bildet, in sich entsprechend der geographischen Gliederung des Landes stark dialektisch differenziert, eine Mittelstufe zwischen diesen beiden Extremen der Städter- und Beduinensprache, und zwar im Norden sich mehr der ersteren, im Süden mehr der letzteren zuneigend. Die Sprache der ansässigen Landbevölkerung zeigt daher die größten Unterschiede gegen diejenige der Städter in Jerusalem, also im Süden, gegen diejenige der Beduinen aber in Aleppo, im Norden. Auch darin spiegeln sich die ethnographischen und historischen Verhältnisse: während die Bauernbevölkerung im Norden ebenso wie die städtische Bevölkerung überwiegend auf aramäisch sprechende alteingesessene Elemente zurückgeht, ist sie im Süden größtenteils durch den auch jetzt noch fort-dauernden Prozeß des Seßhaftwerdens von Beduinen neu entstanden. Der erwähnten vorarabischen Landessprache, dem Aramäischen, das als die Sprache Palästinas zur Zeit Christi und als die Ursprache seiner Worte eine erhöhte Aufmerksamkeit verdient, wurde besondere Sorgfalt gewidmet. Aramäisch wird jetzt nur noch in drei Dörfern des Antilibanons, vor allem in Ma'lūla, nördlich von Damaskus gesprochen, aber es nimmt immer mehr von arabischem Sprachgut auf, ist daher schon stark vom Arabischen beeinflusst und sicher dazu verurteilt, über kurz oder lang von ihm verdrängt zu werden. Wie es dort vielfach üblich ist, wendet sich fast die ganze männliche Bevölkerung Ma'lūlas demselben Berufe zu. Sie liefert die Bäcker für die Stadt Damaskus.

Die vorgeführten Lichtbilder, die zum Teil nach dem Lumiereschen Autochromverfahren aufgenommen waren, zeigten manche charakteristische Landschaften, vor allem vom Taurus und Libanon, Volkstypen, sowie manche kulturgeographische Einzelheiten, wie z. B. die schrägen Ziegeldächer im nördlichen Teil des Gebietes und die großen zur Bewässerung dienenden Wasserränder am Orontes, die nicht, wie in Ägypten, durch menschliche oder tierische Kraft, sondern durch die Stoßkraft des strömenden Flusses in Tätigkeit gesetzt werden.

In der Sitzung am 5. Juli hielt Prof. F. Jaeger (Lichterfelde) einen Vortrag: **Fünf Krieg- und Forschungsjahre in Deutsch-Südwest-Afrika**. Der Vortragende war mit seinem Assistenten Dr. Waibel Ende Februar 1914 auf dem Dampfer „Gertrud Woermann“ nach Südafrika abgefahren, hatte zunächst die südafrikanische Union bereist und ging Ende April von Lüderitzbucht nach Tsumeb, dann nach Windhuk, wo um Pfingsten eine landwirtschaftliche Ausstellung einen schönen und lehrreichen Überblick über die wirtschaftlichen Leistungen des Landes und die Erfolge der deutschen Kolonisation darbot. Ende Juni brach er nach der im nördlichen Gebiet, zu der an der Grenze des Ambolandes gelegenen Etoschapanne auf, wo ihn die Nachricht vom Ausbruch des Krieges erreichte, den er als Soldat der Schutztruppe bis zum Friedensschluß von Khorab im Juli 1915 mitmachte. Da nur die aktive Schutztruppe in Aus interniert wurde, so durfte er mit polizeilicher Erlaubnis im Lande umherreisen und so dessen größten Teil kennen lernen. Die Zu-

stände im Lande nach der englischen Besetzung sind nicht erfreulich, da die Engländer geneigt sind, bei Differenzen der Farmer mit der eingeborenen Arbeiterbevölkerung die Partei der letzteren zu ergreifen, was bei deren Unlust zur Arbeit allen im wirtschaftlichen Leben Stehenden ihre Tätigkeit sehr erschwert. Das eigentliche, von dem Vortragenden in Aussicht genommene Forschungsgebiet, das Kaokofeld im Nordwesten des Landes, zu besuchen, wurde ihm nicht gestattet. Die Hauptergebnisse der Reise sind geographische Beschreibungen einer Anzahl natürlicher Landschaften und Abhandlungen über einzelne Probleme, wie die Oberflächengestalt, die Kalkpfannen, die Winterregen, die Vegetationszonen, die Wasserverhältnisse und die Landwirtschaft, sowie 2500 photographische Aufnahmen, eine Gesteins- und eine zoologische Sammlung.

Im zweiten Teil des Vortrages gab Prof. *Jaeger* zunächst eine Schilderung der Etoschapfanne, die in einem 200 km breiten Streifen unbewohnter Wildnis gelegen ist, der den Hauptteil des Schutzgebietes von dem Ambolande scheidet. Trotzdem die Regenmenge von Südwesten nach Nordosten zunimmt, das Gebiet also reichlichen Niederschlag erhält, ist die Wasserarmut groß, weil der Sandboden für Wasser sehr durchlässig ist und daher nur wenige Wasserstellen vorhanden sind, die hauptsächlich südlich der Etoschapfanne liegen. Hier leben denn auch einige hundert Buschmänner, die jedoch im anthropologischen Sinne nicht mit den zwerghaften Buschmännern des Südens vergleichbar sind, vielmehr den Hottentotten nahestehen. Der Wildreichtum in diesem Gebiet ist groß. Sowohl Herdenwild, wie Gnus und Zebras, als auch Raubwild, selbst Löwen, sind hier häufig. Die Etoschapfanne ist ein bis 45 km breiter, ausgetrockneter Seeboden, in der Trockenzeit eine glatte, ebene Tonfläche mit Salzausblühungen an den Rändern, die mit Autos und schweren Ochsenwagen befahren werden kann. In der Regenzeit bildet der Boden einen unpassierbaren Morast, der nur in regenreichen Jahren teilweise überschwemmt wird. Die Pfanne ist mit einem Steilabfall von 6—12 m in die umgebende Sandfläche eingesenkt. Die topographische Aufnahme konnte vollständig durchgeführt und auch das noch ganz unbekannte Nordufer kartiert werden. Östlich und westlich der Etoschapfanne führen die Wanderwege der Ovambo nach Süden. Das von ihnen bewohnte Amboland an der Nordgrenze des Schutzgebietes ist nämlich das dichtest bevölkerte Gebiet desselben, so daß dort zur Trockenzeit ein gewisser Bevölkerungüberschuß vorhanden ist. Es findet daher eine großzügige Wanderung der Ovambo nach Süden statt, wo sie in den Diamantenfeldern bei Lüderitzbucht oder den Kupfergruben von Tsumeb arbeiten, während sie mit Beginn der Regenzeit in die Heimat zurückkehren, um ihre Felder zu bestellen. Sie ziehen also, nach Art unserer Sachsengänger, arm aus, um wohlhabend und gut gekleidet zurückzukehren. Die von Süden heimwärts ziehenden Ovambo tragen meist Offiziersmäntel, mehrere Hüte übereinander und eine Stange mit zwei Blechkoffern, in denen sich Glasperlen, Harmonikas und andere Schätze befinden.

Von der Küste des Atlantischen Ozeans erstreckt sich eine schiefe Ebene, die fast regenlose Namibwüste, mit einem Anstieg von etwa 1:100 landeinwärts, bis ein Steilabfall auf das südafrikanische Plateau hinaufführt. Zwischen Swakopmund und Lüderitzbucht ist diese Ebene mit hohen Dünen bedeckt. Die Niederschlagsarmut in der Nähe des Meeres er-

klärt sich dadurch, daß kühle Meeresströmungen die Küste bespülen und somit die vom Ozean kommende Luft relativ kühl ist. Über dem Lande erwärmt sie sich dann, wird also relativ trockener, so daß keine Bedingungen für eine Kondensation des Wasserdampfes mehr vorhanden sind. Die Niederschläge im Osten des Landes entstammen den Ostwinden, die wahrscheinlich vom Indischen Ozean herkommen. Die schiefe Ebene wird von Flüssen in tiefen Schluchten durchquert, doch erreicht das Flußwasser nur selten das Meer. Dagegen bergen die Flußbetten ergiebige Grundwasserströme, die z. B. bei Goanikontes, 45 km oberhalb Swakopmund, eine Oasenkultur mit 25 m hohen Anabäumen (*Acacia albida*), üppig grünenden Luzernefeldern usw. ermöglichen. Seine Stationierung als Heliographist auf dem 1150 m hohen Berge „Langer Heinrich“ bei Riet ermöglichte dem Vortragenden einen sehr lehrreichen Überblick über die ganze Küstenebene zu gewinnen. In der klaren Luft, durch die das Schutzgebiet ausgezeichnet ist, konnte man mit bloßem Auge die Schiffe in der 80 km entfernten Wal-fischbai deutlich erkennen. O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Foucault und Fizeau. In diesen Tagen sind 100 Jahre vergangen seit der Geburt zweier Männer, die sich beide besonders um die Optik, eine Zeitlang in gemeinsamer Arbeit, große Verdienste erworben haben: *Jean Bernard Léon Foucault* wurde am 19. September 1819 in Paris geboren, *Armand Hippolyte Louis Fizeau* am 23. September 1819, ebenfalls in Paris.

In gemeinsamer Arbeit erforschten sie in den Jahren 1845—1847 insbesondere den ultraroten Teil des Spektrums: die Wärmestrahlen. Sie untersuchten die Interferenz der Wärmestrahlen, maßen ihre Wellenlänge und stellten ihre Identität mit den Lichtstrahlen fest. Gemeinsam untersuchten sie ferner die Interferenz zweier Lichtstrahlen, die einen großen Gangunterschied von mehreren tausend Wellenlängen haben. Doch bald gingen die beiden Forscher in Uneinigkeit auseinander. Jeder von ihnen schenkte nun, für sich arbeitend, der Wissenschaft ein Verfahren, die Geschwindigkeit des Lichts zu messen.

Schon 1675 hatte *Römer* aus der Verfinsterung der Jupitermonde die Geschwindigkeit des Lichts zu 300 000 km/sec errechnet, 1728 hatte *Bradley* auf Grund der Aberration des Lichtes der Fixsterne diesen Wert bestätigt, aber noch fehlte ein Verfahren, die Lichtgeschwindigkeit mit Hilfe rein terrestrischer Versuche zu messen. 1849 veröffentlichte *Fizeau* ein äußerst sinnreiches Verfahren; er benutzte ein schnell rotierendes Zahnrad und brachte zur Messung nur noch eine Strecke von 8—9 km (Suresne—Montmartre).

Ein Jahr darauf fand *Foucault* ein neues Verfahren, mit dem er freilich ein ganz anderes Ziel verfolgte. — Damals stand noch die Huygenssche Undulationstheorie des Lichts im Kampfe mit der Newtonschen Emissionstheorie. *Arago* hatte 1838 einen Weg gewiesen, diesen Kampf zu entscheiden. Um die Brechung des Lichts beim Übergang aus einem Medium in ein anderes zu erklären, muß die Undulationstheorie annehmen, daß die Geschwindigkeit des Lichts in einem optisch dünneren Medium größer ist als in einem optisch dichteren, z. B. in Luft größer als in Wasser; die Emissionstheorie muß die umgekehrte Voraussetzung treffen. *Arago* schlug also vor, durch Versuch festzustellen, welche

der beiden Voraussetzungen zuträfe. *Foucault* wußte der mannigfachen Schwierigkeiten, die dieser Versuch bot, Herr zu werden; er benutzte nach *Wheatstones* Vorgang einen schnell rotierenden Spiegel, und es gelang ihm am 27. April 1850, festzustellen, daß die Lichtgeschwindigkeit in Luft größer ist als in Wasser. Damit war der Sieg der Undulationstheorie entschieden. — Später vervollkommnete *Foucault* die Anordnung seines Versuches dahin, daß er nicht nur die Geschwindigkeit des Lichts in verschiedenen Medien miteinander *vergleichen*, sondern sie auch absolut *messen* konnte, und fand 1862 innerhalb der engen Grenzen eines Zimmers für die Geschwindigkeit des Lichts in der Luft wiederum den Wert 300 000 km/sec.

In aller Mund gelangte *Foucaults* Name durch seinen Pendelversuch. Wie *Foucault* selbst berichtet, wurde er durch folgende Beobachtung zu diesem Versuche angeregt: Er befestigte an der Achse einer Drehbank in der Richtung dieser Achse einen Stahlstab und versetzte ihn in seitliche Schwingungen. Drehte er nun mit der Hand die Achse der Drehbank, so blieb die Ebene der Schwingungen des Stahlstabes ungeändert. Ebenso würde ein Pendel, das am Nordpol der Erde in Schwingungen versetzt wird, seine Schwingungsebene beibehalten, unabhängig von der Rotation der Erde, d. h. die Schwingungsebene würde relativ zur Erde im Laufe eines Tages eine vollständige Drehung ausführen. Unter der geographischen Breite φ würde die Schwingungsebene des Pendels sich im Laufe eines Tages relativ zum Erdboden um $360^\circ \sin \varphi$ drehen, im Laufe einer Stunde um $150^\circ \sin \varphi$. — *Foucault* führte den Versuch zunächst (im Januar 1851) im Keller seines Hauses durch, hierauf im Meridiansaal der Pariser Sternwarte und später im Pantheon zu Paris.

Von weiteren Leistungen des Forschers seien noch folgende genannt: Er verbesserte 1852 das 1817 von *Bohnenberger* konstruierte Gyroskop; er ersetzte 1844 die bis dahin gebräuchlichen Holzkohlenstäbe in den Bogenlampen durch Stäbe aus Gaskohle und bringt 1849 ein Uhrwerk an, das die Kohlenstifte selbsttätig nachschiebt und auseinanderzieht; er arbeitet auf dem damals neuen Gebiete der Photographie; er erfindet 1856 den Quecksilberunterbrecher; er konstruiert 1855 ein Photometer, ferner Geschwindigkeitsregler für astronomische Apparate und für industrielle Maschinen usw.

Foucault war der Sohn eines Buchhändlers. Er studierte anfangs Medizin; da er sich jedoch den seelischen Anforderungen des ärztlichen Berufes nicht gewachsen fühlte, widmete er sich bald gänzlich der Physik. 1845 wurde ihm die Leitung des wissenschaftlichen Teiles des Journal des Débats übertragen, 1853 erhielt er den Grad eines Doktors der physikalischen Wissenschaften, 1854 die für ihn neu geschaffene Stelle eines Physikers an der Pariser Sternwarte, und 1866 wurde er Mitglied der Pariser Akademie. Im Sommer 1867 erlitt er infolge von Überarbeitung einen Schlaganfall und wurde am 11. Februar 1868 durch den Tod von seinem Leiden erlöst.

Seine Leistungen liegen, wie wir oben schon gesehen haben, auf den verschiedensten Gebieten der Physik; sie beruhen stets auf seiner hervorragenden Geschicklichkeit in der Anordnung und Durchführung von Versuchen. — 1878 erschien seine Gesamtwerke¹⁾, herausgegeben von *Garriel*, mit einer Einleitung von *Bertrand* und einer Biographie von *Lissajous*. Die wichtigsten seiner Abhandlungen sind auch in deutscher

Sprache in Poggendorffs „Annalen der Physik“ und in den „Fortschritten der Physik“ erschienen; seine Abhandlung über den Pendelversuch ist gekürzt in Voigtländer Quellenbüchern, Bd. 39¹⁾, abgedruckt.

Von weiteren Leistungen *Fizeaus* wären noch anzuführen: Er führte 1853 am Induktionsapparat einen dem Unterbrecher des Primärstromes parallel geschalteten Kondensator ein, um den an der Unterbrechungsstelle auftretenden Öffnungsfunken abzuschwächen und so die Dauer der Stromöffnung abzukürzen; er konstruierte 1864 ein sehr empfindliches Dilatometer und maß mit diesem die thermische Ausdehnung insbesondere von Kristallen; er untersuchte, in welcher Weise die Geschwindigkeit eines Lichtstrahls dadurch beeinflusst wird, daß die von ihm durchheilte Materie in Bewegung ist, eine Untersuchung, die für die moderne Relativitätstheorie von Bedeutung ist, usw.

Fizeau lebte in Paris als Privatmann ganz der Wissenschaft; er wurde 1860 Mitglied der Pariser Akademie und starb am 18. September 1896 in Venteuil. — Auch seine wichtigsten Abhandlungen sind in deutscher Sprache in Poggendorffs „Annalen der Physik“ und in den „Fortschritten der Physik“ erschienen.

A. Heckscher.

Das englische Amt für Brennstoffforschung. Nach dem ersten Berichte dieses während des Krieges geschaffenen Amtes besteht das Ziel seiner Tätigkeit 1. in der Aufnahme der Kohlenflöze in den verschiedenen Bergbaugebieten auf Grund chemischer und physikalischer Untersuchungen im Laboratorium. 2. in Untersuchungen darüber, wie ein erheblicher Teil der bisher direkt verfeuerten Kohle künftighin durch Verkokung oder Vergasung nutzbar gemacht werden kann. Als Vorbereitung für die erste Aufgabe wurden, wie die Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1918, S. 453–455, berichtet, die üblichen Verfahren der Kohlenuntersuchung im Laboratorium einer Neubearbeitung unterzogen, namentlich wurde das Verhalten der Kohle bei Temperaturen von 500–600° näher untersucht und ein Verfahren ausgearbeitet, das die Ausbeute an Gas, Teer, wäßrigem Destillat und Rückstand bei einer bestimmten Temperatur zu ermitteln gestattet. Mit dieser einfachen Vorrichtung soll das Fortschreiten der Destillation von Anfang bis zu Ende verfolgt werden können, ferner sollen die dabei erhaltenen Stoffe unmittelbar gewogen oder gemessen sowie zu weiteren Untersuchungen benutzt werden können.

Über die Verkokung der Steinkohle bei Temperaturen oberhalb 900° liegen hinreichende zuverlässige Erfahrungen vor, die als Grundlage für neue wirtschaftliche Möglichkeiten verwendet werden können; ebenso ist die Destillation der schottischen Ölschiefer gut durchgebildet. Anders ist es hinsichtlich der Verkokung bei niedriger Temperatur; hier liegen nur einzelne Erfahrungen vor und es sind noch besondere Einrichtungen zu schaffen, um diese Art der Verkokung in wirtschaftlicher Weise durchzuführen. Vor allem ist zu untersuchen, ob mit derartigen Einrichtungen Erzeugnisse erhalten werden können, deren Gesamtwert größer ist als der Wert der ursprünglichen Kohle, so daß die Kosten der Verkokung und sonstigen Arbeitsleistungen gedeckt werden. Erst dann wird man einen Überblick über die wirtschaftlichen Möglichkeiten gewinnen und die Lösung dieser Grundfragen wird eine nähere Prüfung der folgenden Fragen gestatten:

¹⁾ Recueil des Travaux scientifiques de Léon Foucault. Paris 1878.

¹⁾ „Kopernikus und Galilei und ihr Kampf um das Weltssystem“, von Adolf Kistner.

1. Können die alljährlich verfeuerten 35—40 Millionen Tonnen *Hausbrandkohle* ganz oder teilweise durch rauchlose Brennstoffe in fester oder gasförmiger Form ersetzt werden, die man durch Verkokung der Kohle gewinnt?
2. Können ausreichende Mengen *flüssiger Brennstoffe für die Marine* gewonnen werden durch Verkokung derjenigen Kohlenmengen, die bisher in Industrie und Haushaltungen direkt verfeuert werden?
3. Können die Steinkohlengasmengen in wirtschaftlicher oder zweckmäßiger Weise erhalten werden, als dies heute in den Gaswerken geschieht?
4. Kann *elektrische Kraft billiger* gewonnen werden, wenn die zur Dampferzeugung dienende Kohle zuerst verkocht oder vergast wird?
5. Würden bei der wissenschaftlichen Entwicklung der Brennstoffgewinnung und -verwertung auch die *Torflager* Englands für die Industrie in Betracht kommen?
6. Kann die Verwendung von gasförmigen Brennstoffen in der Industrie durch *wissenschaftliche Bearbeitung der Verbrennungsvorgänge* in Öfen, Muffeln usw. in der Metallurgie, der keramischen und chemischen Industrie gefördert werden?

Die Antworten auf alle diese Fragen lassen sich nur durch gemeinsame Untersuchungen auf Grund eines durchgearbeiteten umfangreichen Planes geben, wobei auch die Industrie die Bestrebungen des Amtes nach Kräften unterstützen muß. Kein neues Verkokungsverfahren kann wirtschaftlich gerechtfertigt werden, wenn es nur den bereits bestehenden Industrien unmittelbaren Wettbewerb macht, es handelt sich vielmehr darum, für alle Erzeugnisse auch wirtschaftliche Absatzmöglichkeiten zu finden. Da das Amt für Brennstoffforschung in naher Beziehung zur Admiralität, zum Munitionsministerium, zum Handelsamt und anderen Behörden steht, ist es die geeignetste Stelle, Vorschläge für günstige Absatzmöglichkeiten für neue und alte Erzeugnisse zu fördern. Die Admiralität z. B. legt großen Wert auf die Gewinnung flüssiger Brennstoffe aus inländischen Rohstoffen und könnte sämtliche flüssigen Brennstoffe, die durch Verkokung von vielen Millionen Tonnen Steinkohle jährlich gewonnen werden, verwenden. Diese Tatsache allein läßt die Ausdehnung der Kokerei nach verschiedenen bisher noch nicht erprobten Richtungen in einem neuen Licht erscheinen. Zur Gewinnung von 1 Million Tonnen *flüssiger Brennstoffe für die Marine* müssen 20 Millionen Tonnen Kohle verkocht werden, wobei etwa 15 Millionen Tonnen Koks entstehen. Die Verwertung dieser großen Koksmengen zu günstigem Preise entscheidet natürlich über die Durchführbarkeit der Verkokung bei niedriger Temperatur, falls dieses Verfahren auf einer gesunden wirtschaftlichen Grundlage beruht. Die Forschungspläne sind daher nach drei Richtungen hin auszugestalten: 1. ist die Verwendung und der Wert des Kokes für die unmittelbare Feuerung bei Kraftanlagen zu prüfen; 2. müssen Untersuchungen über die Brauchbarkeit des Kokes in *Kraftgasgeneratoren mit Ammoniakgewinnung* angestellt werden und 3. über die Verwendung des Kokes als Brennstoff in Industrie und Haushalt.

Neben der Ausbildung neuer Einrichtungen und Verfahren zu solcher Vollkommenheit, daß mit Sicherheit gleichbleibende Leistungen erzielt werden, müssen vor allem auch die Brennstoffverbraucher mit den

neuen Verfahren so vertraut gemacht werden, daß sie sie vollkommen verstehen und auch *benutzen*. Dies wird am besten mit Hilfe eines Stabes von Sachverständigen erreicht werden, die in einer besonderen Versuchsanstalt ausgebildet sind. Trotzdem die Verwendung von Leuchtgas für Heizzwecke in der Industrie in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht hat, bleibt die Gasheizung doch noch weit hinter den Idealen der Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit zurück, so daß noch viel Raum für wertvolle Verbesserungen vorhanden ist. Auch bezüglich der Anwendung des Kraftgases von geringem Heizwert sind noch viele Aufgaben zu lösen; so bedarf z. B. die Frage eine gründliche Bearbeitung, wie sich die *Gestehungskosten des elektrischen Stromes* je nach der Verwendung von Kohle, Koks oder Heizgas für die Dampfkesselfeuerung stellen.

Zur Bearbeitung aller dieser Fragen ist die Schaffung einer besonderen *Versuchsanlage* notwendig, in der diese Untersuchungen in industriellem Maßstabe durchgeführt werden können. Die *South Metropolitan Gas Co.* hat dem Amt auf ihrem East-Greenwich-Gaswerk ein Grundstück zur Errichtung einer solchen Versuchsanlage zur Verfügung gestellt und hat sich ferner bereit erklärt, die Ausarbeitung der Pläne und die Ausführung des Baus selbst zu übernehmen sowie auch die erforderlichen Kohlen und sonstigen Hilfsstoffe für die Untersuchungen zu liefern und schließlich die erzeugten Nebenprodukte der Anstalt zum Marktpreis wieder abzunehmen.

Über die bayerische Graphitindustrie macht Prof. Dr. H. Putz nähere Angaben im Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt 1917, S. 21—25. Er weist zunächst darauf hin, daß „Graphit“ kein einheitlicher Begriff ist und daß die verschiedenen Sorten nicht nur nach ihrem Aussehen, sondern auch nach ihren nutzbaren Eigenschaften wesentliche Unterschiede aufweisen. So ist z. B. der kristallinische glänzende Ceylongraphit sehr plastisch, der dichte, anthrazitähnliche Graphit von Steiermark dagegen nur wenig plastisch. Wegen seiner Plastizität, seiner schuppigen Struktur und seiner großen Reinheit ist der Ceylongraphit am meisten geschätzt. In Bayern kommt der Graphit nur als Gemengteil eines gneisartigen Gesteins vor, in dem er in Form kleiner Schüppchen vorhanden ist; der Graphitgehalt dieses Gneises beträgt durchschnittlich 20—25 %, oft auch viel weniger, daneben finden sich Glimmer, Quarz, Feldspat, Kaolin und auch Schwefelkies in wechselnden Mengen.

Die technische Verwertung des bayerischen Graphits ist sehr alt, denn schon in einer Passauer Urkunde vom Jahre 1613 werden die Schmelztiegelmacher von Obernzell erwähnt. Vor der Entdeckung der Graphitlager auf Ceylon deckte Bayern den Bedarf von fast ganz Europa an Schmelztiegeln, doch wurde in der Folge der Ceylongraphit zur Herstellung von Schmelztiegeln wegen seiner großen Reinheit dem bayerischen Graphit vorgezogen, weshalb die Handels- und Gewerbekammer zu Passau im Jahre 1884 in einer Eingabe an den Bundesrat die Erhebung eines Zolles auf Ceylongraphit verlangte. Zugleich bemühten sich die bayerischen Graphitgrubenbesitzer, den Rohgraphit durch eine Aufbereitung zu reinigen, um so höhere Preise zu erzielen. Der günstige Erfolg der ersten Aufbereitungsanlage gab Veranlassung zu versuchen, ob es nicht möglich sei, die kleinen Graphitblättchen (Flinse) zu großen Blättern zu vereinigen, wie sie der Ceylongraphit liefert, und ferner die Verluste bei der

Aufbereitung möglichst einzuschränken. Zur Lösung dieser Aufgaben traten im Jahre 1903 21 Graphitgrubenbesitzer zu einer Genossenschaft zusammen, die jedoch nach siebenjährigem Bestehen wieder aufgelöst wurde. Indessen wurde die Aufgabe, den kleinflinsigen bayerischen Graphit künstlich in großflinsigen umzuwandeln, durch ein patentiertes Verfahren gelöst, das seit 1903 in Anwendung ist. Dieser komprimierte Graphit führte sich gut ein und wurde in großen Mengen namentlich an die Firma *Krupp* geliefert.

Durch die Auflösung der erwähnten Genossenschaft wurde das Patent für jedermann frei, und so konnten die Tiegelfabriken von da an die Umwandlung des kleinflinsigen in großflinsigen Graphit mit geringen Kosten (20–40 Pfg. für 100 kg) selbst vornehmen. Infolgedessen hatte es auch keine Berechtigung mehr, den Graphit nach der Flinsgröße zu bewerten; vielmehr richtet sich der Preis heute nach dem Kohlenstoffgehalt. Somit dürfte es sich für die Graphitproduzenten empfehlen, eine Einheitsmarke aus allen Sorten herzustellen und selbst die Tiegelherstellung aufzunehmen.

Die Aufbereitung des Graphitgneises besteht in einer Zerkleinerung des vorgetrockneten Gutes in Mahlgingen oder Walzenstühlen und in nachfolgendem Sieben mittels Trommeln, die mit Seidengaze bespannt sind. Die Graphitblättchen bleiben hierbei auf dem Sieb zurück, während die fein zerriebenen Mineralien durchfallen. Durch wiederholte Behandlung gelingt es, die Flinse mehr und mehr zu reinigen und den Kohlenstoffgehalt auf 85–90 % zu erhöhen. Bei dieser Aufbereitung wird je nach der Härte der begleitenden Mineralien auch ein mehr oder weniger großer Teil des an und für sich weichen Graphits so weit zerkleinert, daß er durch die Siebe fällt. Der Kraftaufwand ist hierbei nicht unbedeutend, die Aufbereitungskosten für 100 kg Graphitflins betragen im allgemeinen für kleine Wasserradanlagen 8–10 M. Hierzu kommen noch die Förderkosten, die infolge des unregelmäßigen, zerstreuten Vorkommens der Graphitadern im Gneis sehr wechseln. Der Graphitgehalt des bei der Aufbereitung entstehenden Mühlenstaubes beträgt etwa 25 % des gewonnenen Flinses, die möglichste Herabminderung dieses Verlustes ist somit sehr wesentlich. Man hat mit Erfolg versucht, den Staubgraphit ebenfalls zu komprimieren, und hat ferner in jüngster Zeit auch mit der Anwendung des bei der Erzaufbereitung benutzten Stoßherdes bei gewissen Graphitsorten gute Ergebnisse erzielt.

Im Kriege ist der bayerische Graphit ein sehr begehrter Stoff geworden und der Preis für 100 kg ist von 40 auf 175 M. gestiegen. In Zukunft wird aber die bayerische Graphitindustrie, um dem Wettbewerb des ausländischen Graphits begegnen zu können, mit allen Mitteln eine Kräftigung erstreben müssen, so wird sie auf die Verwertung ihrer Abfälle Bedacht sein und neue Verwendungsgebiete für den Flinsgraphit (galvanische Elemente, Graphitschmierung) schaffen müssen.

Über Reduktionen mittels Chromoxydulsalzen machen *W. Traube* und *W. Passarge* interessante Mitteilungen in den Berichten der Deutschen Chem. Gesellsch., Bd. 49, S. 1692–1700. Die Chromoxydulsalze

sind starke Reduktionsmittel, sie vermögen Wasser direkt in seine Moleküle zu zerlegen und ferner an ungesättigte organische Verbindungen bei Gegenwart von Wasser oder Säure leicht Wasserstoff anzulagern. Schon *Berthelot* beobachtete gelegentlich seiner bekannten Untersuchungen über das Verhalten des Azetylen zu Metallsalzlösungen, daß eine ammoniakalische Lösung von Chromoxydulsulfat Azetylen absorbiert und daß sich aus dieser Lösung nach einiger Zeit ein anderes Gas, und zwar Äthylen, entwickelt. Im Gegensatz zu den Angaben *Berthelots* fanden die Verfasser nun, daß auch saure Chromoxydulsalzlösungen Azetylen sehr glatt in Äthylen überführen. Wenn Azetylen in einer Mariotteschen Flasche eine Stunde lang mit Chromchlorürlösung geschüttelt wurde, so war nach dieser Zeit, bisweilen auch schon erheblich früher, alles Azetylen in Äthylen verwandelt. Auch wenn man das Azetylen 1–2 Tage lang über der Chromchlorürlösung ruhig stehen läßt, wird es ebenfalls vollständig reduziert, doch entstehen hierbei auch nicht unbedeutliche Mengen Wasserstoff; dagegen war Äthan in beiden Fällen nicht nachweisbar. Weiter fanden die Verfasser, daß die Menge des Chromchlorürs erheblich geringer sein kann, als der Theorie entspricht, wenn man das bei der Reduktion gebildete Chlorid mittels naszierenden Wasserstoffs (durch Zusatz von Zink und Salzsäure) stets wieder in Chlorür überführt. Ja man hat in diesem Falle sogar überhaupt nicht nötig, vom Chlorür auszugehen, sondern kann direkt das Chlorid anwenden, das durch den naszierenden Wasserstoff sofort in Chlorür verwandelt wird. Auch bei dieser Versuchsanordnung wurde alles Azetylen in Äthylen verwandelt und Äthan war auch in diesem Falle nicht nachzuweisen. Diese Tatsache ist recht bemerkenswert, weil bei allen anderen Reduktionsverfahren ein Teil des gebildeten Äthylens weiter zu Äthan reduziert wird, während unter der Wirkung von Chromoxydulsalzen die Reduktion bei dem Äthylen stehen bleibt. Diese Erscheinung ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß das Azetylen in wässrigen Lösungen viel leichter löslich ist als das Äthylen, vielleicht entstehen aber auch noch unbekannte Zwischenprodukte, wie *Berthelot* seinerzeit annahm. Es dürfte nach dieser Methode auch die Herstellung von Äthylen aus Azetylen im Großen durchführbar sein, wobei jedoch zur Rückbildung des Chromchlorürs anstelle von Zink und Salzsäure die elektrolytische Reduktion des Chromchlorids zu treten hätte. Durch einen „blinden“ Versuch wurde der Nachweis erbracht, daß die Reduktion des Azetylen nicht etwa durch den aus dem Zink und der Salzsäure gebildeten Wasserstoff bewirkt wird, sondern lediglich durch das Chromchlorür; dieses läßt sich auch nicht durch andere Chloride, wie Eisen- oder Manganchlorür, ersetzen.

Sehr energisch wirken die Chromoxydulsalze ferner auf die Stickstoff-Sauerstoffverbindungen ein. *Kohlschütter* hat bereits im Jahre 1904 gezeigt, daß Stickoxyd auf diese Weise in Ammoniak und Hydroxylamin verwandelt wird. Die Verfasser beobachteten weiter die Reduktion von Stickoxydul zu Stickstoff, von Salpetersäure und von Hydroxylamin zu Ammoniak. Alle diese Reduktionen verlaufen bei Anwendung von alkalischer Chromchlorürlösung quantitativ, wogegen salpetrige Säure nur teilweise zu Ammoniak reduziert werden konnte.

A. Sander.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

FEB 5 1920

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. U. S. 9

Heft 39. (Seite 701—720)

26. September 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die statistische Betrachtungsweise in der Physik.
Von Prof. Dr. Philipp Frank, Prag. S. 701.

Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der
Wirbeltiere. Von Privatdozent Dr. Horst Wachs,
Rostock. S. 705.

Schädelknochen aus dem Totenfeld von Cajamarquilla
in Peru. Von Dr. B. Brandt, Belgien i. d. M. S. 712.

Besprechungen:

Veröffentlichungen der Sternwarte Oesterberg zu
Tübingen. Von P. Guthnick, Berlin-Neubabels-
berg. S. 714.

Mache, Heinrich, Die Physik der Verbrennungs-
erscheinungen. Von A. Koenig, Karlsruhe. S. 715.

Planck, M., Einführung in die Mechanik defor-

mierbarer Körper. Von M. Born, Frankfurt a. M.
S. 716.

Keilhack, K., Lehrbuch der praktischen Geologie.
Von O. H. Erdmannsdörffer, Hannover. S. 716.

Mitteilungen aus dem Gebiete der Röntgen-
strahlen:

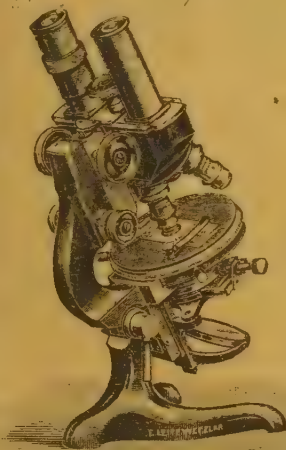
Beugungsähnliche Lichtstreifen an den Schatten-
rändern einfacher Röntgenaufnahmen. Eine
neue Methode der Bestimmung der Kristall-
struktur durch Röntgeninterferenzen. S. 716—719.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Beziehungen zwischen den Schwankungen
des Klimas und der Produktion in Australien.
Neue Pläne zur Erforschung der Polargebiete.
S. 719—720.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

**Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren**

**Mikrophotographische und
Projektionsapparate**

**Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.**

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23 24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 96.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 28 52 maliger Wiederholung

10. 20. 30. 40 1/2 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydrol-Mundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
chem. Fabrik Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe

Sg. Leisegang } Potsdamerstr. 138
Berlin } Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Untersuchungen
über die
natürlichen und künstlichen
Kautschukarten

Von
Carl Dietrich Harries

Mit 9 Textabbildungen

Preis M. 24.—; gebunden M. 34.—

und 10% Teuerungszuschlag gemäß den Bestimmungen des
Börsenvereins der deutschen Buchhändler.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Aufsätze
zur
Deutschen Revolution

Preis M. 2.60

und 10% Teuerungszuschlag ge-
mäß den Bestimmungen des Börsen-
vereins der deutschen Buchhändler

Der Münchener Kriminalpsychologe betrachtet die Re-
volution wie ein naturwissenschaftliches Objekt, wie ein
seltenes reißendes Tier oder eine merkwürdige Giftpflanze.
Diese Anschauungsform führt zu harten Äußerungen
über die Ursachen und die Entwicklungstendenzen der
Revolution, sie führt vor allem zu einer ungünstigen
Prognose über ihre Lebensfähigkeit und Lebensdauer.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

26. September 1919.

Heft 39.

Die statistische Betrachtungsweise in der Physik.

Von Prof. Dr. Philipp Frank, Prag.

Von allen Zügen, die das Naturgeschehen kennzeichnen, ist vielleicht keiner so wesentlich wie das Streben zum Nivellieren aller Unterschiede. Wenn in einem Körper Temperaturunterschiede vorhanden sind und er sich selbst überlassen wird, so gleichen sie sich aus. Wenn die Luft stellenweise verdünnt ist, so strömt so lange Luft gegen diese Stellen, bis die Dichte überall dieselbe geworden ist. Wenn man von „ehernen“ Naturgesetzen redet, so ist dieses Beiwort, wenn überhaupt irgendwo, für das Gesetz passend, das dieses Streben ausdrückt. Denn von dieser Tendenz zum Ausgleich werden unsere Maschinen getrieben, und in letzter Linie kommt alles Leben auf der Erde von dem Ausgleich ihrer Temperatur mit der Sonnentemperatur, der sich fortwährend vollzieht. Und für die ferne Zukunft eröffnet dieses Streben den Spekulationen ein Feld, die behaupten, wenn einmal alle Differenzen ausgeglichen sein würden, dann werde die Welt still stehen.

An dieses „eherne Gesetz“ vom Ausgleich wollen wir anknüpfen und zeigen, daß es eigentlich nur durch das Spiel des Zufalls zustande kommt. Es war die große Leistung *Ludwig Boltzmanns*, das gezeigt zu haben. Bis in die konkreten Einzelheiten hinein aber Ernst gemacht hat mit dieser statistischen Auffassung des Ausgleichstrebens in der Natur *Marian Smoluchowski*. Der folgende Aufsatz soll nun auch dem Leser, der die Methoden der theoretischen Physik nicht beherrscht, ein klares Verständnis für dieses Lebenswerk *Boltzmanns* und *Smoluchowskis* ermöglichen. Wir wollen an Tatsachen anknüpfen, die wir alle nach den Erfahrungen des täglichen Lebens gewöhnt sind, als Ergebnisse des Zufalls anzusehen, und in diesem Spiel des Zufalls die Gesetzmäßigkeiten aufzeigen, die ganz jenem Ausgleichstreben in der Natur entsprechen. Wir wollen diese Analogie bis zur zahlenmäßigen Übereinstimmung verfolgen und uns auf diese Weise an dem wichtigen Beispiel des Ausgleichstrebens in der Natur die statistische Naturauffassung, die heute eine so große Rolle spielt, ganz klar zu machen suchen.

Wir nehmen etwa zehn gleichartige Münzen, die auf der einen Seite eine Schrift, auf der anderen einen Kopf zeigen. Wir schütteln sie in einem Becher und werfen sie auf den Tisch. Wir merken uns an, bei wievielen Münzen der Kopf

oben liegt. Dieses Spiel wiederholen wir sehr oft. Das Ergebnis einer solchen Versuchsreihe wird sein: am meisten kommen Würfe vor, bei denen fünf Münzen mit dem Kopf oben zu liegen kommen, dann gleich oft sechs oder vier Kopfwürfe, noch seltener sieben oder drei Kopfwürfe, und am allerseltensten solche, wo alle zehn oder gar keine Münze Kopf zeigt. Dieses Ergebnis ist natürlich nach den Elementen der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu erwarten. Denn da es bei jeder einzelnen Münze gleich wahrscheinlich ist, ob Kopf oder Schrift oben liegt, und alle Münzen gleich beschaffen sind, so sind, wenn wir die einzelnen Münzen individuell mit den Nummern eins bis zehn bezeichnen, die folgenden Versuchsergebnisse gleich wahrscheinlich: Bei Münze Nr. 1 liegt Kopf oben, sonst überall Schrift, bei Münze Nr. 2 liegt Kopf oben, sonst überall Schrift usw., bei Nr. 1 und Nr. 2 liegt Kopf oben, sonst überall Schrift usw. Solche mögliche Versuchsergebnisse gibt es, wenn man auf das Schicksal jeder *individuellen* Münze Rücksicht nimmt, offenbar $2^{10} = 1024$. Wenn wir aber nicht darauf Rücksicht nehmen, bei welcher individuellen Münze gerade Kopf geworfen wurde, sondern uns nur dafür interessieren, bei *wievielen* Münzen das der Fall ist, wie wir es bei der anfangs geschilderten Versuchsreihe getan haben, so sehen wir folgendes: Unter allen 1024 Möglichkeiten gibt es nur eine einzige, bei der Kopf gar nicht vorkommt, zehn, wo Kopf einmal vorkommt, denn es kann die Münze Nr. 1, Nr. 2 oder irgendeine der zehn Münzen sein, bei der das der Fall ist. Mögliche Versuchsergebnisse, bei denen zwei Kopfwürfe sind, gibt es so viele, als sich Gruppen von je zweien aus zehn Münzen bilden lassen, also nach den einfachsten Regeln der Kombinatorik $\binom{10}{2} = \frac{10 \times 9}{2 \times 1} = 45$ Möglichkeiten, für drei Kopfwürfe gibt es dementsprechend $\binom{10}{3} = \frac{10 \times 9 \times 8}{3 \times 2 \times 1} = 120$, für vier Kopfwürfe $\binom{10}{4} = 210$, für fünf $\binom{10}{5} = 252$. Dann geht es wieder abwärts, und zwar durch dieselben Zahlen: für 6, 7, 8, 9, 10 Kopfwürfe gibt es 210, 120, 45, 10, 1 Möglichkeiten. Damit sind aber offenbar alle möglichen Versuchsergebnisse erschöpft, und wenn man die Summe aller dieser Zahlen bildet, findet man wieder die Gesamtzahl 1024.

Wenn man die geschilderten Versuche sehr oft, etwa eine Million mal wiederholt, wird man offenbar erwarten müssen, daß ein Versuchsergebnis mit fünf Kopfwürfen in einem so großen

Bruchteil der Versuche auftritt, wie 252 in 1024 enthalten ist. Allgemein drückt man das so aus: die Wahrscheinlichkeit, mit 10 Münzen 5 Kopfwürfe zu erzielen ist $252/1024$, die Wahrscheinlichkeit

von k Kopfwürfen ist also $\binom{10}{k}/2^{10}$, und die

Wahrscheinlichkeit, mit n Münzen k -mal „Kopf“ zu werfen, ist dementsprechend $\binom{n}{k}/2^n$. Wenn

wir nun bei jedem Versuch die Anzahl der Kopfwürfe als Ergebnis uns anmerken, so ist das arithmetische Mittel aus diesen Zahlen bei sehr vielen Versuchen offenbar ungefähr 5, weil ja gleichgroße Abweichungen von 5 nach oben und unten ungefähr gleich oft vorkommen. Wir können nun jedes andere Versuchsergebnis als eine Abweichung vom Mittel auffassen, und zwar wollen wir die relative oder prozentuelle Abweichung betrachten. Wenn z. B. 6 Kopfwürfe stattfinden, so ist das eine positive Abweichung von $1/5$ oder 20 %, bei gar keinem Kopfwurf sprechen wir von einer negativen Abweichung von 100 %. Wir sehen aus den Wahrscheinlichkeitszahlen, daß die Abweichungen um so seltener sind, je größer sie sind, was sich auch aus den Versuchen ergibt. Wenn wir aber die Versuche nicht mit zehn, sondern mit viel mehr, z. B. mit 100 Münzen ausführen, so sehen wir, daß jetzt jede bestimmte Abweichung vom Mittel (das jetzt 50 beträgt) viel seltener vorkommt als früher. Das ist auch nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung leicht vor auszusehen. Die Wahrscheinlichkeit, bei einem Wurf k -mal Kopf zu werfen, ist nach dem Ge-

sagten jetzt $\binom{100}{k}/2^{100}$. Suchen wir z. B. die Wahrscheinlichkeit einer 100-proz. Abweichung vom Mittel, etwa nach der negativen Richtung zu bestimmen, d. h. die Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei einem Wurf gar kein Kopf geworfen wird, so läßt sich das nur auf eine individuelle Weise erzielen, nämlich indem jede einzelne Münze „Schrift“ zeigt. Das ist aber jetzt eine unter 2^{100} gleichwahrscheinlichen Möglichkeiten, das bedeutet aber eine Zahl mit 30 Nullen. Man sieht, wie rasch mit der Zahl der Münzen die Wahrscheinlichkeit einer großen prozentuellen Abweichung vom Mittel abnimmt.

Wenn wir diese ganze Aufeinanderfolge von Versuchen als eine Naturerscheinung ansehen, können wir an ihr folgendes hervorheben: Kommt einmal eine Anzahl von Kopfwürfen zustande, die stark vom Mittel, also vom häufigsten Fall, abweicht, so kann man mit sehr großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß der nächste Wurf dem Mittel näher kommen wird, d. h., wenn man viele Fälle betrachtet, wo dieselbe große prozentuelle Abweichung (z. B. 100 %) stattfindet, so wird sich in fast allen diesen Fällen beim nächsten Wurf eine geringere Abweichung vom Mittel zeigen. Das kann man als ein Streben zum Ausgleich ansehen; das Mittel sucht sich wiederherzustellen. Dieses Streben ist um so ausgeprägter,

mit je mehr Münzen wir das Experiment anstellen; denn um so seltener sind ja, wie wir gesehen haben, die großen prozentuellen Abweichungen.

Dieses Streben zum Ausgleich rührt selbstverständlich nicht daher, daß (z. B. beim Versuch mit 10 Münzen) die Aufeinanderfolge 10 und dann 5 Kopfwürfe häufiger vorkäme, also etwa von Natur aus leichter zustande käme als die umgekehrte: erst 5 und dann 10 Kopfwürfe. Bei sehr vielen Versuchen sieht man, daß beide Reihenfolgen ungefähr gleich oft vorkommen. Das ist auch nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung klar. Denn die Wahrscheinlichkeit, daß von zwei aufeinanderfolgenden Würfeln der eine fünfmal und der andere zehnmal „Kopf“ zeigt, ist bekanntlich gleich dem Produkt aus der Wahrscheinlichkeit von 5 und der von 10 Kopfwürfen ohne Rücksicht auf die Reihenfolge, da ja ein Produkt seinen Wert bei Vertauschung seiner Faktoren nicht ändert. Die scheinbare Bevorzugung der Richtung zum Mittel hin hat ihren einfachen Grund vielmehr darin, daß beim Ausgehen von einem Wurf mit großer Abweichung vom Mittel dieser Umstand das Ergebnis des darauffolgenden Wurfes in keiner Weise beeinflusst, und eine große Abweichung darauf nur deshalb selten folgt, weil sie überhaupt selten ist. Wenn man hingegen von einem Versuch ausgeht, bei dem die Anzahl der Kopfwürfe nahe dem Mittel liegt, so wird in den meisten Fällen auch der darauffolgende Wurf ein ähnliches Ergebnis zeigen, weil das eben überhaupt am häufigsten vorkommt.

Man kann dieses Streben zum Mittel auch zahlenmäßig zu fassen suchen, wenn man die aufeinanderfolgenden Zahlen von Kopfwürfen bei einer Versuchsreihe daraufhin ansieht, wie groß die Unterschiede (Sprünge) von einem zum nächsten Versuch sind. Das sieht zunächst ganz regellos aus. Man findet aber sehr leicht, daß diese Sprünge einem sehr einfachen Gesetz gehorchen müssen. Betrachten wir etwa alle Paare aus aufeinanderfolgenden Würfeln, bei denen das erste Glied des Paares gerade n Kopfwürfe zeigt. Da ein Versuch den nächsten gar nicht beeinflusst, müssen unter den zweiten Gliedern dieser Paare die Kopfwürfe im selben Verhältnis verteilt sein wie unter allen Würfeln überhaupt. Deshalb müssen sie dasselbe arithmetische Mittel ergeben wie alle Versuche zusammen. Wir nennen dieses Mittel etwa \bar{n} . Bei 10 Münzen war z. B. $\bar{n} = 5$. Die zweiten Glieder der mit n anfangenden Paare nennen wir n_1, n_2 , usw. Die einzelnen Sprünge haben dann die Werte $n_1 - \bar{n}, n_2 - \bar{n}, \dots$. Wenn wir das Mittel aus allen diesen Sprüngen mit S_n bezeichnen, so ist dieses nach der Definition des arithmetischen Mittels

$$S_n = \frac{1}{N} [(n_1 - \bar{n}) + (n_2 - \bar{n}) + \dots] \quad (1)$$

wenn N die Anzahl der Würfe bedeutet, die n -mal Kopf zeigen. Da nun nach dem früher Gesagten

$$\frac{1}{N} (n_1 + n_2 + \dots) = \nu \dots \dots \dots (2)$$

ist

$$S_n = \nu - n \dots \dots \dots (3)$$

Die Größe ist negativ, wenn n oberhalb des Mittels, also des häufigsten Wertes liegt. Wenn sich also einmal n Kopfwürfe ergeben, so ist der mittlere Sprung zum nächsten Versuch gleich der Abweichung dieser Zahl n vom Mittel. Je größer diese Abweichung ist, desto größer ist im Mittel der Sprung, und zwar nach unten oder oben, je nachdem n über oder unter dem Mittel liegt. Hier sieht man dieses Streben zur Herstellung des Mittels schon in einer Formel ausgedrückt, die sich der Art eines Naturgesetzes nähert.

Wir haben bisher ein willkürlich angestelltes Spiel betrachtet. Ganz ähnliche Gesetzmäßigkeiten zeigen aber Zahlenreihen, die wirklichen Naturerscheinungen entspringen, die wir als dem Zufall unterworfen ansehen. Man weiß bekanntlich nicht, woher es kommt, daß ein Kind ein Knabe oder ein Mädchen wird. Wenn wir in irgendeinem Landgebiet darauf sehen, wieviele von den in einem Monat Geborenen Mädchen sind, und diese Zahlen von Monat zu Monat aufzeichnen, so erhalten wir eine Zahlenreihe, die ganz ähnliche Eigenschaften zeigt wie die Reihe der Kopfwürfe. Um uns von der Schwankung der Gesamtzahl der Geburten in dem betreffenden Gebiet freizumachen, wollen wir immer angeben, wieviele Mädchen auf je 1000 Neugeborene entfallen. Die in der Tabelle 1 enthaltenen Zahlen¹⁾ beziehen sich auf die preußische Rheinprovinz, und sind nach der offiziellen preußischen Statistik der Jahre 1880 bis 1912 für etwa 400 aufeinanderfolgende Monate berechnet. Das Mittel aus diesen Zahlen ist ungefähr $\nu = 487$. Man sieht, wenn man die Tabelle durchmustert, daß die Zahlen 486, 487 und 488 am häufigsten auftreten, und die anderen um so seltener, je weiter sie von der mittleren, 487, abstehen. Dieses Gesetz ist allerdings nur ungefähr, nicht aber genau erfüllt. Die Reihe verhält sich da wie eine Versuchsreihe mit Münzwürfen, die noch nicht aus sehr vielen Versuchen besteht. Wenn wir irgendeine Zahl herausgreifen, die weit vom Mittel (487) absteht, so wird die nächste meist dem Mittel näher liegen, also wieder die Tendenz zum Ausgleich. Die folgende Tabelle 2 ermöglicht, diese Tendenz an

Tabelle 1.

488	474	488	491	482	490	495	497	484	483	490	485
492	485	487	484	480	490	480	486	489	490	484	484
483	479	485	492	483	488	488	484	483	480	486	484
491	490	484	492	479	487	486	486	485	489	482	486
492	490	489	484	483	482	494	482	484	485	486	489
485	483	494	492	477	482	482	487	488	485	492	484
486	486	488	491	495	492	486	485	484	483	491	493
491	486	483	486	483	479	493	482	486	492	495	488
490	494	491	487	492	488	492	488	487	487	484	490
489	490	484	493	495	490	487	484	488	488	480	495
487	498	490	490	480	488	482	480	493	495	483	482
494	493	491	488	487	483	489	485	493	487	489	491
490	485	480	493	483	486	483	478	495	487	488	488
486	489	489	480	486	488	497	480	489	493	486	486
490	489	484	485	490	490	486	484	485	491	488	492
491	488	486	487	498	483	486	489	483	489	487	486
489	492	488	490	488	490	486	490	495	483	492	492
486	487	488	487	484	484	487	486	488	483	487	486
490	491	492	489	488	492	487	484	489	484	486	483
492	485	494	491	495	484	490	489	487	482	490	492
488	486	485	487	492	490	481	490	487	493	485	483
482	485	490	490	490	483	486	487	485	485	484	487
491	486	495	491	481	489	484	489	490	481	485	483
488	493	490	496	486	490	484	493	486	480	491	489
483	488	489	487	484	487	491	487	483	481	488	480
481	481	488	484	492	485	485	483	491	487	489	480
485	484	493	484	486	490	483	491	486	482	481	490
489	487	496	490	486	485	488	486	487	484	486	480
494	489	488	487	482	479	486	494	493	487	481	488
488	491	488	486	488	488	487	489	482	494	492	486
491	494	484	485	483	490	492	486	485	487	483	488
481	493	483	486	480	479	488	484	481	489	483	489
489	484	489	480	486	480	482	487	482	485	488	487

chengeburt in dem Monat, von dem die Betrachtung ausgeht. Die erste Zeile enthält die Anzahl der Fälle, wo auf einen Monat, in dem die im Kopf der Tabelle genannte Anzahl von Mädchengeburt stattfindet, ein Monat mit mehr Mädchengeburt folgt; die Zahl in der zweiten Zeile bedeutet hingegen die Anzahl der Fälle, wo im nächsten Monat weniger Mädchen geboren werden. Man sieht ganz deutlich, wie bei den über dem Mittel liegenden Zahlen meist ein Sprung nach unten stattfindet, und zwar relativ um so häufiger, je weiter die Ausgangszahl über dem Mittel liegt.

Wie beim Spiel mit den Münzen, ist auch hier dieses Streben zum Mittel um so ausgeprägter, je größer die Einwohnerzahl des Gebietes ist, das zu der Statistik verwendet wird. Wenn man z. B. nur die Bewohner einiger Häuser heranzieht, so werden selbst 100-proz. Abweichungen

Tabelle 2.

	474	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498
Häufigkeit der pos. Zuwächse	1	1	1	5	15	10	12	21	23	14	23	14	12	5	7	5	1	2	0	1	0	0	0
Häufigkeit der neg. Zuwächse	0	0	0	0	1	0	3	8	7	10	16	19	21	22	23	14	20	12	9	9	2	2	2

unserer Zahlenreihe auch wirklich herauszulesen. Die Tabelle enthält als Kopf die Anzahl der Mäd-

vom Mittel keine Seltenheit sein, da es sehr leicht vorkommen kann, daß in diesen Häusern in einem bestimmten Monat lauter Mädchen geboren werden. Wenn wir aber nicht eine Häusergruppe, nicht die Rheinprovinz, sondern etwa ganz Europa betrachten, so wird das Streben zum Mittel immer

1) Diese Zahlenreihe wie alle folgenden Berechnungen aus ihr entnehmen wir der Arbeit von Agnes Podjed, Diffusion und Statistik, Physikal. Zeitschr. XIX, Jahrg. 1918, S. 39—43.

ausgeprägter, und es wird schon kaum mehr vorkommen, daß eine 1-proz. Abweichung vom Mittel auftritt. Und wenn doch irgendeinmal eine etwas größere Abweichung auftritt, so werden wir mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen können, daß schon im nächsten Monat die Abweichung kleiner sein wird. Man könnte diese Erscheinungen auch durch ein zu diesem Zweck ersonnenes Würfelspiel nachahmen und sie so der Wahrscheinlichkeitsrechnung unterwerfen. Für unsere Zwecke genügt es aber, sie als empirisch gegebene anzusehen. Wir wollen nun untersuchen, ob die Mädchengeburten einem ähnlichen Gesetz genügen wie das, nach dem die Kopfwürfe dem Mittel zustreben (Gl. 3).

Die Ableitung dieses Gesetzes beruhte darauf, daß wir als sicher annahmen, daß die Anzahl der Kopfwürfe bei einem Versuch das Ergebnis des nächsten Versuches gar nicht beeinflusste. Wir wollen nun hier im vornhinein nichts annehmen und die Möglichkeit zulassen, daß die Anzahl der Mädchengeburten in einem Monat die im nächsten beeinflusst. Wir lassen eine „Wahrscheinlichkeitsnachwirkung“¹⁾ zu; d. h. wenn wir alle Monate hernehmen, in denen n Mädchengeburten stattfinden, und betrachten die auf diese folgenden Monate, so müssen diese zweiten Glieder der Paare nicht dasselbe Mittel ergeben wie alle Monate zusammen (nämlich 487), sondern es kann sein, daß dieses Mittel durch die Zahl der Mädchengeburten im vorhergehenden Monat in dem Sinne beeinflusst ist, daß es näher an n liegt als das allgemeine Mittel. Wenn wir das Mittel aus der Anzahl der Mädchengeburten in den auf Monate mit n Mädchengeburten folgenden Monaten mit v_n bezeichnen, das allgemeine Mittel wieder mit v , so ist die einfachste Annahme über die Beeinflussung offenbar die, daß

$$v_n = v + q(n - v) \dots \dots \dots (4)$$

dabei ist q eine Konstante, welche die Stärke der Wahrscheinlichkeitsnachwirkung mißt. Wenn $q = 0$ wird, ist $v_n = v$, und es ist gar keine solche Beeinflussung vorhanden. Der größte Wert, den q annehmen kann, ist $q = 1$; dann ist $v_n = n$, und die Wahrscheinlichkeitsnachwirkung ist so groß, daß in den auf Monate mit n Mädchengeburten folgenden Monaten die Mädchengeburten geradezu um n als Mittel schwanken müssen. Der mittlere Sprung ist wie bei den Kopfwürfen durch Gl. (1) definiert, wo die Buchstaben dieselbe Bedeutung wie dort haben. Aber an Stelle von Gl. (2) tritt jetzt wegen der Wahrscheinlichkeitsnachwirkung die Beziehung

$$\frac{1}{N}(n_1 + n_2 + \dots) = v_n \dots \dots \dots (5)$$

Infolgedessen tritt an Stelle von Gl. (3) jetzt

$$S_n = v_n - n \dots \dots \dots (6)$$

Setzen wir hierin für v_n seinen Wert aus Gl. (4)

¹⁾ Siehe die an die Arbeit von A. Podjed anknüpfenden Bemerkungen von E. Schrödinger, „Notiz über die Ordnung in Zufallsreihen“, Physik. Zeitschr., 19. Jahrg. 1918, S. 218 ff.

ein, so erhalten wir

$$S_n = P(v - n) \dots \dots \dots (7)$$

wobei $1 - q = P$ gesetzt ist. Dem Fall, wo keine Wahrscheinlichkeitsnachwirkung stattfindet, entspricht jetzt der Wert $P = 1$, wodurch Gl. (7) in die frühere Gl. (3) übergeht, und je größer diese Nachwirkung wird, desto mehr nähert sich P dem Wert 0. Man sieht aus Gl. (7), daß der mittlere Sprung um so kleiner wird, je kleiner P , je größer also die Wahrscheinlichkeitsnachwirkung, die Beeinflussung einer Zahl durch die vorhergehende, wird. Die Wirkung dieser Beeinflussung ist also ein Widerstand gegen die Herstellung des Mittels, eine Art Zähigkeit, die hindert, daß das Mittel sich so rasch herstellt.

A. Podjed hat nun aus dem in der Tabelle 1 niedergelegten Zahlenmaterial tatsächlich von jeder Zahl n aus den mittleren Sprung S_n berechnet und konnte diese aus dem empirischen Material ermittelten Werte von S_n mit den Werten vergleichen, wie sie sich theoretisch nach Formel (7) ergeben sollten. Es zeigte sich, daß die Übereinstimmung eine sehr gute ist, wenn man für P den Wert 0,986, also nahezu 1 einsetzt. Man sieht daraus, daß hier keine Wahrscheinlichkeitsnachwirkung stattfindet. Die Anzahl der Mädchengeburten in aufeinanderfolgenden Monaten ist ganz voneinander unabhängig. Die Proportionalität mit $v - n$, die hier zur Gleichheit wird, hat sich recht gut bestätigt, der mittlere Sprung ist bei der Zahl der Mädchengeburten tatsächlich gleich der Abweichung vom Mittel. Man sieht bei dieser rein statistischen Erscheinung der Mädchengeburten ganz deutlich, wie das Fließen der Zahlen gegen das Mittel zu ein bestimmtes Gesetz befolgt, daß nämlich das Streben zum Ausgleich der Abweichung vom Mittel, die gerade vorhanden ist, proportional ist.

An diesem Material ist aber noch das Besondere, daß der Proportionalitätsfaktor den Wert 1 hat. Wenn wir statistische Erscheinungen kennen lernen wollen, wo der Faktor kleiner als 1 ist, müssen wir solche aufsuchen, wo ein Versuch das Ergebnis des nächsten beeinflusst. Wir betrachten die Spaziergänger auf der Straße und zählen die Personen, die sich in einem bestimmten Zeitpunkt vor der Front eines bestimmten Hauses befinden. Wir nehmen an, daß dieser Straßenteil so kurz ist, daß wir die Zahl der Spaziergänger noch mit einem Blick feststellen können. Wir merken uns nun diese Zahlen für in gleichen Abständen aufeinanderfolgende Zeitpunkte an. Wenn diese Abstände lang sind, z. B. fünf Minuten, so werden diese Zahlen sicher voneinander unabhängig sein. Sind aber die Zeitabstände kurz genug, so werden die bei einer Zählung erfaßten Spaziergänger bei der nächsten Zählung noch teilweise in dem betrachteten Straßenabschnitt vorhanden sein, und wenn wir wissen, daß beispielsweise bei der ersten Zählung sich eine Zahl ergeben hat, die weit über dem allgemeinen Mittel lag, so ist anzunehmen, daß auch noch die nächste Zahl über diesem

Mittel liegen wird, weil sich der Straßenabschnitt nicht so rasch entleeren kann. Es findet also bei rasch aufeinanderfolgenden Zählungen sicher Wahrscheinlichkeitsnachwirkung statt. Im allgemeinen schwanken auch hier die Zahlen um ein Mittel \bar{n} , nur daß der mittlere Sprung von einer Zahl n aus jetzt der allgemeineren Gleichung (7) genügt, wo P kleiner als 1 ist. R. Fürth¹⁾ hat wirklich solche Zählungen von Spaziergängern vorgenommen. Die von ihm beobachtete Zahlenreihe ist in Tabelle 3 wiedergegeben. Seine Zählun-

Tabelle 3.

0	0	0	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	0	0	0	0	1	3	2	1	1	1	1	2		
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	2		
2	3	2	4	3	3	1	1	1	2	2	1	1	1	0	0	2	2	1	2	4	3	2	2	0		
0	1	1	1	2	3	2	2	0	0	0	2	2	3	4	3	1	1	1	1	1	2	3	3	2		
1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	0	0	1	2	3	4	4	2		
1	1	1	1	2	3	3	3	2	1	2	3	3	1	0	0	2	4	4	4	1	1	1	3	4	3	
3	2	4	7	5	2	1	2	1	2	2	2	2	3	3	4	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	
3	1	1	1	1	2	4	2	1	1	2	2	3	1	1	2	2	1	1	3	3	2	2	2	1	2	
3	3	2	1	3	5	3	5	4	4	3	2	1	1	2	2	1	2	3	4	3	2	1	1	3	3	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	0	0	3	4	3	2	3	
2	2	1	2	2	3	1	2	2	0	1	3	3	3	1	2	2	2	3	2	1	0	1	2	3	3	
1	0	0	0	0	1	1	1	1	3	5	4	2	3	3	2	2	1	0	0	1	1	1	1	2	2	
1	1	2	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	2	2	0	0	1	2	1	0	0	0	1	2	
2	2	2	2	3	5	6	3	3	3	1	2	3	3	4	5	4	5	4	4	2	2	2	1	2	2	
2	2	1	2	3	3	3	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	2	2	1	0	0	0	
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	2	2	1	0	1	1	1	1	2	1	2	3
3	5	4	2	1	4	4	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	0	1	2	2	1
2	2	2	1	0	2	2	3	1	2	2	2	2	2	0	0	1	1	0	2	2	1	4	4	3	1	0
1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	2	2	1	2	3	3	1	0
0	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1																

gen sind in Abständen von je 5 Sekunden vorgenommen. Man sieht sofort beim Anblick der Tabelle, daß die Zahlen im Gegensatz zu den Geburtenzahlen in Tabelle 1 eine gewisse Tendenz zum Beharren, eine Art Reibungswiderstand oder Zähigkeit zeigen. Wenn man den mittleren Sprung S_n von jeder Zahl n aus der Tabelle entnimmt und mit der Differenz $v - n$ vergleicht, so ist, wie Fürth gezeigt hat, die Gleichung (7) erfüllt, wenn man $P = 0,316$ setzt. Diese Größe hat offenbar die Bedeutung, daß je größer P ist, desto stärker bei gleicher Abweichung vom Mittel das Ausgleichsstreben zum Mittel hin ist. Abgesehen von dieser Verlangsamung des Ausgleichs, die in dem kleinen P ihren Grund hat, lassen sich an diese Zahlenreihe dieselben Betrachtungen knüpfen wie an die Reihe der Mädchengeburt.

(Schluß folgt.)

Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der Wirbeltiere.

2. Die regenerative Bildung der Linse aus der oberen Iris.

Von Privatdozent Dr. Horst Wachs, Rostock.

Durch Untersuchungen, über die ich im ersten Teil dieser Abhandlung (diese Zeitschrift, Heft 18) berichtet habe, war es wahrscheinlich

geworden, daß vom jungen Augenbecher spezifische Reize ausgehen, die die junge Haut zur Ausbildung einer Linse veranlassen, und wir hatten gesehen, daß es sich dabei möglicherweise um sekretorische Einflüsse handeln möchte. Allerdings ließ sich diese Annahme durch jene Untersuchungen nicht bündig beweisen.

Zu dieser damals noch ungelösten Frage gesellten sich ganz neue und unerwartete Probleme, als in den Jahren 1894 und 1895 Gustav Wolff über Untersuchungen berichtete, die er an den fertig ausgebildeten Augen von Tritonen angestellt hatte. Der Versuch bestand darin, daß er bei den Tieren die Staaroperation vornahm, d. h., er durchschnitt die Hornhaut und entfernte die Linse.

Wollte der Organismus diesen Verlust ersetzen, so stand ihm der normale Mutterboden der Linse, die undifferenzierte Haut, ja nicht mehr zur Verfügung. Gustav Wolff fand nun, daß bei seinen Tieren dennoch eine neue Linse gebildet wird, und zwar aus dem Rande der oberen Iris! Somit geschieht in diesem Falle die Neubildung eines verlorenen Organes von einem Gewebe aus, das bei der normalen Entstehung eben dieses Organes in keiner Weise beteiligt ist. Die regenerierende Linse nimmt ihren Ursprung aus einem anderen Mutterboden als dem, dem sie in der normalen Ontogenese entspringt. Hierin liegt ein Teil der prinzipiellen Bedeutung der Wolffschen Linsenregeneration.

Das andere wesentliche Moment liegt in der Deutung, die Wolff seinen Befunden gab. Nicht zufällig, sondern auf Grund theoretischer Erwägungen wurde Wolff zur Anstellung gerade dieser Versuche geführt; er suchte und wollte, wie er selbst sagt (1894, Seite 619—620), „einen biologischen Vorgang finden, in welchem eine Zweckmäßigkeit primär, d. h. nicht als ererbte auftritt“. Einen solchen Vorgang nun glaubte er in der eben besprochenen Art der Linsenregeneration gefunden zu haben, indem er annahm (1901, S. 348), daß in Freiheit ein Verlust der Linse nicht vorkomme, so daß die Tiere durch sein Experiment, durch die Exstirpation der Linse, erstmalig vor die Aufgabe gestellt worden seien, die Linse neu bilden zu müssen.

Es ist klar, daß unter Zugrundelegung dieser Auffassung die Tatsache der Linsenregeneration eine einzigartige Stellung einnehmen, sich prinzipiell von allen übrigen bisher ermittelten Tatsachen über Regeneration unterscheiden würde. Denn wenn z. B. Tritonlarven die Fähigkeit haben, verlorengegangene Extremitäten immer wieder zu ersetzen, so kann man sich das Zustandekommen dieser Fähigkeit vielleicht durch die Häufigkeit des Verlustes, dem die Füßchen und Beinchen solcher Larven nachweislich ausgesetzt sind, erklären. Dieser Modus der Erklärung schied nach Wolffs Ansicht für die Linsenregeneration deshalb aus, weil die Augen der Tritonen in viel geringerem Maße der Verletzung

¹⁾ R. Fürth, Statistik und Wahrscheinlichkeitsnachwirkung. Physik. Zeitschr., 19. Jahrg. 1918, S. 421 ff.

ausgesetzt seien und, träte dieser Fall doch einmal ein, das Auge dann eben dem Untergange geweiht sei (1901, S. 348).

Zwar versuchte *Weismann* (Anat. Anz. Bd. 15), die Berechtigung dieser Auffassung zu widerlegen, indem er darauf hinwies, daß Verletzungen des Auges in Freiheit bei dem Streit der Tritonen um die Nahrung oder durch ihre Feinde, durch Wasserkäfer und Wasserkäferlarven eintreten könnten, doch ist ihm ein bündiger Beweis hierfür nicht gelungen.

Somit liegen bei der Wolffschen Linsenregeneration zwei durchaus verschiedenartige Gruppen von Fragen vor. Einerseits wird es sich bei einer experimentellen Analyse dieses Vorganges darum handeln, die bei der Neubildung der Linse wirksamen Faktoren zu ermitteln, insbesondere zu untersuchen, ob hierbei die gleichen Wirkungsweisen tätig sind, wie bei der normalen ontogenetischen Entstehung der Linse.

Andererseits fragt es sich, ob sich irgendwelche Tatsachen ermitteln lassen, die für oder wider die von *Weismann* angenommene, von *Wolff* abgelehnte Möglichkeit eines Verlustes resp. Ersatzes des Auges der Tritonen in Freiheit sprechen, die, mit anderen Worten, dartun würden, daß diese Linsenregeneration nicht bei den Versuchen *Wolffs* zum ersten Male aufgetreten ist, sondern, vielleicht zugleich mit Neubildungen größerer Teile des Auges auch in Freiheit mehr oder weniger oft stattfinden kann oder stattfindet.

Sollten sich Wahrscheinlichkeiten oder gar Beweise für ein Vorkommen der Regeneration in Freiheit finden, so wäre damit die Möglichkeit gegeben, daß es sich auch bei der Linsenregeneration um eine durch Vererbung dem Tiere eigene Fähigkeit handelt. Käme Linsenregeneration auch in Freiheit vor, so könnte sie wie andere zweckdienliche Fähigkeiten des Organismus allmählich entstanden und ausgebildet worden sein. Eine andere Möglichkeit, an die, wie mir scheint, noch gedacht werden müßte, wäre die, daß es sich (unter der gleichen Voraussetzung) nicht um die Entstehung einer neuen, sondern um die Erhaltung einer alten Fähigkeit handeln kann, erhalten durch oftmalige Betätigung, in jedem Frühjahr, durch Generationen hindurch.

Wolffs Ansicht und Absicht bewegte sich in einer dieser Deutung gerade entgegengesetzten Richtung. Als er im Jahre 1895 im ersten Bande des Archivs für Entwicklungsmechanik die Tatsache der Linsenregeneration mitteilte, gab es nach seiner Ansicht zur Erklärung dieses Vorganges nur eine Möglichkeit: die Annahme zweckbewußt wirkender Kräfte im Organismus. Die Gründe für diese seine Deutung sind soeben dargelegt.

Es ist zweifellos richtig, daß die Vorgänge, die zur Bildung einer neuen Linse führen, zweckmäßig sind, so zweckmäßig, daß in der Tat kein

besserer und sicherer zum Ziele führender Modus erdacht werden könnte. Am Rande der oberen Iris bildet sich das Regenerat; zunächst ein Bläschen, dessen vordere Wand in die vordere, dessen hintere in die hintere Lamelle der Iris übergeht (Fig. 1); bei seinem weiteren Wachstum wachsen sich die Zellen der hinteren Wandung zu Fasern aus und bilden so erst einen Fasernhügel, dann einen Fasernkern (Fig. 2 und 3); schließlich überdeckt die vordere Wand diese immer größer werdende Hauptmasse der jungen Linse nur noch als dünne Zellenlage (Fig. 4).



Fig. 1.

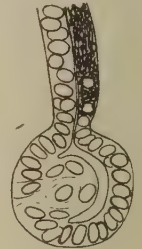


Fig. 2.

Fig. 1. Entpigmentierung des Irisrandes; erste Anlage des „Linsenbläschens“.

Fig. 2. Bildung von Linsenfasern an der inneren Wand des Bläschens, ein „Fasernhügel“.

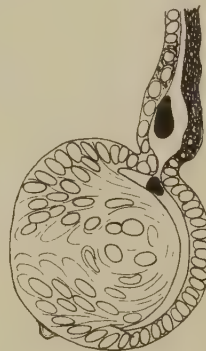


Fig. 3.

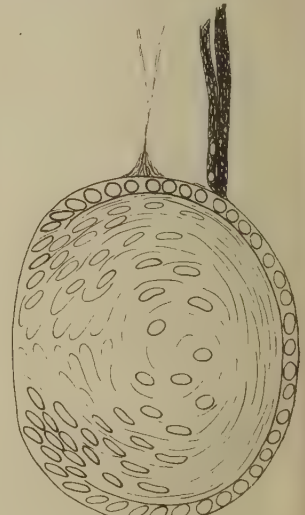


Fig. 4.

Fig. 3. Alteres Stadium, „Fasernkern“; zwei Klümpchen ausgestoßenes Pigmentes. Unten eine Bindegewebszelle (?).

Fig. 4. Die eben fertige Linse; oben die neuen Zonulafasern.

Originale nach eigenen Präparaten.

Dabei ist das Regenerat ohne weiteres an den Platz gelangt, der ihm gemäß seiner Funktion zukommt: die junge Linse ist in die Pupille hineingewachsen. Da die Pupille sich nach Wegfall der alten Linse stark verengt hatte, füllt die neue Linse die Pupillaröffnung sehr bald aus und wird so schon vor der Zeit ihrer Lösung vom oberen Irisrande durch die Iris selbst in ihrer richtigen Lage an dem ihr zukommenden Platze festgehalten. Auch die Zonulafasern

bilden sich neu und mögen mithelfen bei der Aufhängung der Linse nach ihrer Loslösung (vgl. Wachs 1914, S. 398 und Fig. 60).

Somit ist es richtig, wenn Wolff (1895, S. 389) sagt: „Der obere Irisrand ist offenbar die zweckmäßigste Stelle für die Entstehung der Linse“ und es ist innerhalb seines ganzen Gedankenganges verständlich, wenn er daraus folgert, daß, „auch wenn die Schwerkraft dabei im Spiele sein sollte, die Sache ihre volle Erklärung doch erst vom teleologischen Gesichtspunkt fände“. Wenn er aber weiterhin sagt: „Noch schlimmer steht es mit der mechanischen Erklärung darüber, wodurch gerade die Iris veranlaßt wird, die Linse zu liefern. Hier dürfen wir selbst von der Schwerkraft nichts hoffen, hier wird jeder Versuch einer mechanischen Erklärung zuschanden. Das einzige, was wir einsehen können, ist auch hier die Zweckmäßigkeit“, so können wir ihm in keiner Weise zustimmen. Denn entweder müßte man sich a priori der Erlangung aller weiteren Erkenntnisse über die diesbezüglichen Vorgänge verschließen oder man müßte die Alternative stellen: „Was nicht mechanisch erklärt werden kann, muß teleologisch erklärt werden.“ Dabei ist wesentlich, daß Wolff den Begriff „mechanisch“ offenbar im engsten Sinne faßt, „Mechanik“ als die Wissenschaft von den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung der Körper, indem er „selbst von der Schwerkraft“ nichts zur Erklärung hofft. Bei dieser Fassung des Begriffes „mechanisch“ werden wir freilich vergebens nach einer mechanischen Erklärung suchen! Machen wir uns hingegen die Definition zu eigen, die der Benennung des bekannten „Archives für Entwicklungsmechanik“ zugrunde liegt, indem wir als „mechanisches Geschehen“ jedes der Kausalität unterstehende Geschehen bezeichnen, so liegt kein Grund zu der Annahme vor, es werde sich keine „mechanische“ Erklärung für die Vorgänge der Linsenregeneration finden lassen.

In der Tat war mit jenem „ignorabimus“ nicht das letzte Wort über diese Fragen gesprochen. Es ist aber nicht ohne Interesse zu sehen, wie das Wörtlein „mechanisch“ die Auffassungen der späteren Untersucher beeinflusst. So stellt Erik Müller 1896 den Vorgang so dar, daß er das Regenerationsbläschen durch „Faltenbildung“ entstehen läßt. Er findet, daß (S. 30) der ganze Randteil der Iris, wenigstens anfänglich, die charakteristische Entpigmentierung, Verdickung und Abheben der Blätter erleidet und meint nun, „daß die Zellen innerhalb der gewöhnlichen Grenzen der Iris nicht Platz finden; der Randteil muß sich vergrößern, was am einfachsten durch Faltenbildung erreicht wird“. Diese Darstellung des Vorganges enthält zwar etwas „Mechanisches“ in der Bewegung, dem Nachschieben und Auffalten der Zellen, doch scheint mir hierin nur in geringem Maße ein erklärendes Moment zu liegen.

Wesentliche Förderung fand die ganze Frage

durch die Arbeiten von Fischel (1898, 1900, 1903, 1914), indem Fischel als erster eine wirkliche Analyse der Linsenregeneration versuchte. Er suchte das komplexe Geschehen des Vorganges in einzelne Fragen aufzulösen und diese durch gründliche experimentelle Untersuchungen und Variation der Versuche ihrer Lösung näher zu bringen bzw. zu lösen.

Wenn wir durch das analytische Experiment die bei einem Geschehen wirksamen Ursachen zu ermitteln suchen, so werden wir von vornherein streng scheiden müssen zwischen spezifischen Ursachen und indifferenten Ursachen; die spezifischen Ursachen sind diejenigen, welche die spezifische Natur des fraglichen Vorganges bestimmen — somit die „Ursachen“ im engeren Sinne; die indifferenten Ursachen hingegen diejenigen, welche auf den spezifischen Ablauf des fraglichen Geschehens keinen bestimmenden Einfluß haben, gleichwohl aber zu seinem Zustandekommen unerläßlich notwendig sind, somit am besten als Vorbedingungen bezeichnet werden.

Daß ein gewisses Maß der Ernährung, die Möglichkeit zu atmen und ähnliches solche Vorbedingungen sind, ist ohne weiteres klar. Für das Zustandekommen der Linsenregeneration im besonderen konnte aber auch z. B. das Licht eine solche Vorbedingung sein. Fischel fand, daß dies nicht der Fall ist, sondern daß die Tiere auch bei Haltung im Dunkeln in normaler Weise und innerhalb der normalen Zeit regenerieren.

Er fand andererseits, daß die Schaffung des zum Ersatz des Fehlenden (also der Linse) nötigen Raumes eine solche Vorbedingung ist (1903, S. 65). Bei der Exstirpation der Linse wird dieser freie Raum ja normalerweise geschaffen — die Pupille wird leer. Werden in diese leere Pupille kleine Kartoffelstückchen, Brotkügelchen oder Corneastücke eingeheilt, so zeigt sich ein hemmender Einfluß des Gegendruckes. Trotzdem wurde auch in diesen Fällen die Regeneration mit außerordentlicher Beharrlichkeit (vom Auge) versucht und vollzog sich dann in strenger Anpassung an die jeweiligen örtlichen Verhältnisse (1903, S. 104).

Wenn somit durch die Exstirpation der Linse in der Schaffung des freien Raumes eine Vorbedingung für das Einsetzen der Regeneration erfüllt wird, so wäre doch nicht ausgeschlossen, daß diese „Schaffung des freien Raumes“ nicht nur Vorbedingung, sondern gleichzeitig auslösende Ursache für das Einsetzen der ersten regenerativen Veränderungen ist (Fischel 1903, S. 104—105), insofern das von den Pathologen oft besonders betonte „Aufhören des Wachstumswiderstandes“ als auslösendes Moment in Frage käme.

Fischel sagt selbst (1903, S. 105), daß sich diese Frage bis jetzt (d. h. 1903) weder im positiven noch im negativen Sinne beantworten läßt; er neigt aber zu der Anschauung, das Moment des Aufhörens des Wachstumswiderstandes nicht als

auslösende Ursache der Regeneration zu bezeichnen, sondern (S. 106) den Reiz, der die Regeneration auslöst, in jenen Alterationen zu suchen, welche das (später) regenerierende Gewebe direkt durch den experimentellen Eingriff selbst erfährt, im vorliegenden Falle also die Alteration, von welcher die Zellen der Iris bei der Linsenextraktion betroffen werden.

Diese Annahme der Reizung der Iris als ursprünglich auslösendes Moment der Regeneration und Linsenfaserbildung schien für *Fischel* dadurch gestützt zu werden, daß er die Bildung von „Lentoiden“, linsenfasernähnlichen Bildungen, auch entfernt vom Irisrand, in Zellen der pars ciliaris und optica retinae konstatierte und ein Zusammenfallen des Ortes der Reizung und der Bildung dieser Lentoiden fand. „In der bei der Linsenextraktion gesetzten Alteration der Iris“, schließt er (S. 108), „haben wir demnach das auslösende Moment der Linsenregeneration zu suchen, sie stellen den Reiz dar, welcher die Zellen zu ihrer charakteristischen Umwandlung veranlaßt.“ Die Ausbildung des Regenerates gerade am oberen Irisrand glaubte *Fischel* auf die Einwirkung der Schwerkraft zurückführen zu müssen.

Fischel dachte sich, um kurz zusammenzufassen, die Sache etwa so: mit dem Wegfall der Linse fällt auch ein Druck der Linse auf die Iris weg und durch den Durchtritt der Linse durch den Irisring wird die Iris gereizt; sie fängt an zu wuchern, und diese Wucherung bildet gerade an dem oberen Rande der Iris ein Knöpfchen oder vielmehr Bläschen, weil dort die Wirkung der Schwerkraft am stärksten ist, und infolge der besonderen Nachbarschaftsbeziehungen, wie *Fischel* sagt, wird dann aus diesem Bläschen eine Linse. Da bei jeder Linsenextraktion stets diese Linsen-neubildung auslösende Alteration der Iris stattfindet, erklärt sich, nach *Fischel*, hierdurch auch (S. 108) „die Beharrlichkeit, mit der die Linsen-neubildung auch unter allem Anscheine nach sehr ungünstigen Umständen, förmlich durch einen inneren Zwang, versucht wird“.

Inzwischen hatte *Wolff* die Tiere in Rückenlage regenerieren lassen und, zu seinem eigenen Erstaunen, gefunden, daß das Regenerat sich auch unter diesen Umständen von dem *normal* oberen Irisrand aus, also entgegen der Schwerkraft, bildete. Damit schien die Annahme von einem bestimmenden Einfluß der Schwerkraft widerlegt und es blieb nur noch die Möglichkeit eines auslösenden Einflusses des Wegfalls des Druckes der Linse oder aber der Reizung.

Mochte das eine oder das andere — oder vielleicht auch ein bisher noch nicht vermutetes Drittes — die auslösende Ursache sein, ungeklärt war und blieb (S. 112), „wie, durch welche Mittel und auf welche Weise die auslösende Wirkung erfolgt, was also die „Vermittlung“ zwischen „Reiz“ und „Reaktion“ besorgt.

Eine weitere Analyse der Linsenregeneration hatte demnach damit einzusetzen, den Einfluß der

Reizung einerseits und des wegfallenden Druckes andererseits nochmals zu prüfen. War es richtig, daß die Reizung der Iris den die Regeneration auslösenden Reiz bildete, so konnte ich, als ich die diesbezüglichen Versuche in Angriff nahm (1913), hoffen, nach möglichst vorsichtiger Operation möglicherweise keine Regeneration zu erhalten. Deshalb operierte ich in anderer Weise als bisher: ich verwandte *ausschließlich Larven*, teils von Triton cristatus, teils von Triton teaniatus, und führte den Corneasnchnitt nicht mit einem Metallinstrument, sondern mit Glasnadeln aus (vgl. *Wachs*, 1914, S. 389 ff.). Die Methodik ist dabei etwa die folgende: Das Tier wird in einer ½-prozentigen Lösung von Chloräton in Leitungswasser betäubt und die Operation unter dem Binokular ausgeführt. Mit einer leicht gebogenen, sehr spitzen und dünnen Glasnadel wurde ein Einstich in die Hornhaut gemacht, dann die Spitze in der vorderen Kammer an der Linse vorbeigeführt und die Hornhaut nun abermals, von innen nach außen, durch-

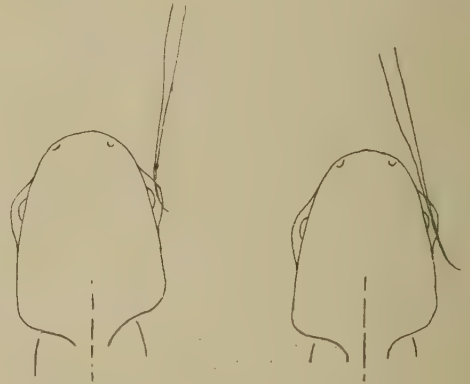


Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 5. Die Hornhaut ist mit der Glasnadel durchstochen.

Fig. 6. Die Glasnadel wurde weiter durchgeschoben, um die Hornhaut zu durchschneiden. Aus „Archiv für Entwickl.-Mechanik, Bd. 39, 1914, S. 389.“

stochen (Fig. 5). Dann wurde die Nadel etwas weiter durchgeschoben (Fig. 6) und die Hornhaut mit Hilfe eines allerfeinsten, sehr scharfen Augenmessers auf der Glasnadel durchgeschnitten. Nun war es ein leichtes, die Linse mit Hilfe derselben Glasnadel aus dem Auge herauszuheben; die Häute des Bulbus selbst erlitten dabei nicht die geringste Verletzung. Daß bei dieser Operationsmethode wirklich das Auge kaum alteriert wurde, konnte ich dadurch zeigen, daß ich die entfernte Linse in das gleiche oder auch ein anderes Auge wieder einsetzen konnte mit dem Erfolg, daß sie ohne weiteres wieder einheilte. Auf diese Weise konnte die Operation so schonend ausgeführt werden, daß am lebenden Tiere in Seitenlage nach der Operation das Fehlen der Linse, selbst unter dem Binokular, kaum zu bemerken war. Ich habe solche linsenlose Augen direkt nach der Operation mehrmals unter dem Binokular demonstriert, ohne daß vom Be-

schauer das Fehlen der Linse überhaupt bemerkt wurde. Trotzdem trat in allen Fällen (50) selbst bei so vorsichtiger Exstirpation Regeneration ein. „Die Beharrlichkeit der Regeneration, folgerte ich (S. 392), möchte einen doch schon stutzig machen in der Annahme, in einer Zerrung oder ähnlichen durch die Operation als solche veranlaßten Reizung der Iris die auslösende Ursache der Regeneration, wie *Fischel* es annimmt, zu suchen.“

War es sonach wahrscheinlich geworden, daß nicht die *Alteration der Iris die auslösende Ursache darstellte*, so mußte diese in dem Wegfall der Linse zu suchen sein. Bei diesem Wegfall der Linse konnte, wie oben dargelegt, der wegfallende Druck das Wesentliche sein. Es konnte aber auch eine, bisher noch nicht erwähnte, andere Möglichkeit vorliegen: die Augenlinse ist ein lebendes Organ, sie muß, wie alle anderen Organe, einen Stoffwechsel besitzen. Wird sie aus dem Auge entfernt, so fällt dieser ihr Stoffwechsel im Auge aus. Es wäre nun sehr wohl denkbar, daß der Ausfall dieses Stoffwechsels entscheidend ist für das Einsetzen der Neubildungsprozesse. Auf diese Möglichkeit hatte *Spemann* (1905) hingewiesen (vgl. diese Zeitschrift S. 324 und 326). Seine Versuche über die Bildung der Linse hatten gezeigt, daß bei *Rana fusca* die Linse aus der Haut entsteht *unter dem Einfluß des Augenbechers* und daß der Augenbecher diese Fähigkeit, Hautzellen zur Bildung einer Linse anzuregen, auch auf ortsfremde (Kopf-) Haut (bei *Bombinator*) mit Erfolg wirken lassen kann. Er nahm nun an, daß das Auge nach Auslösung einer Linse seine linsenauslösende Fähigkeit behält, daß diese bei Vorhandensein einer Linse aber entweder schlummert oder durch Einflüsse der Linse, die vielleicht chemischer Natur wären, paralysiert wird; nach Wegfall der Linse wirke das linsenbildende Auge von neuem.

Unter Zugrundelegung dieser Annahme brauchte der Organismus, um eine verlorene Linse zu regenerieren, also keine neuen Wirkungsweisen gleichsam erfinden, sondern er würde eine ihm schon geläufige Aufgabe, wenn auch unter veränderten Bedingungen, mit gegebenen Mitteln lösen.

Bezeichnen wir den „Stoffwechsel“ der Linse resp. jenen Teil des Stoffwechsels, der diese paralysierende Wirkung ausübt, als die „Sekretion“ der Linse, so lautet hiernach die zu lösende Frage: „Ist der wegfallende Druck der Linse die Ursache der Regeneration oder der Wegfall einer Sekretion von seiten der Linse?“ Um diese Frage zu lösen, reimplantierte ich (*Wachs* 1914, S. 403 ff.), nach Entfernung der normalen Linse, bei einer Versuchsreihe, eine kleinere lebende Linse, einem jüngeren Tiere frisch entnommen, bei einer anderen Versuchsreihe eine in Alkohol abgetötete Linse. Bei dem ersten Experiment änderte sich der auf die Iris ausgeübte Druck,

während die Sekretion, wenn vorhanden, erhalten und wirksam blieb, wenn auch wahrscheinlich bei der kleineren Linse in verringertem Maße — bei dem anderen Experiment sollte der Druck allein wirksam und erhalten bleiben, während die Sekretion ausgeschaltet war.

Die Resultate stellten sich folgendermaßen: nach Reimplantation einer lebenden Linse wurde dieselbe entweder sofort wieder ausgedrängt — oder sie blieb einige Zeit im Auge erhalten und wurde dann ausgestoßen — oder die Linse zerfiel allmählich im Auge selbst — oder sie heilte ganz ein. Während das Tier bei alsbaldiger Ausstoßung der Linse in der normalen Zeit regenerierte, trat eine Verzögerung ein, wenn die Linse erst nach einigen Tagen ausgestoßen wurde — *eine noch beträchtlichere Verzögerung aber wurde beobachtet, wenn die Linse im Auge selbst zerfiel!* Dies weist darauf hin, daß auch der geringere Druck der kleineren Linse regenerationshemmend wirkt, daß aber darüber hinaus, auch nach Wegfall dieser mechanischen Regenerationshemmung, ein hemmender Einfluß durch die zerfallende Linse geübt wird. Hierbei ist es von Wichtigkeit, daß es sich um eine lebend-zerfallende Linse handelt; auch die in Alkohol abgetötete reimplantierte Linse konnte im Auge zerfallen, dabei war die Verzögerung jedoch geringer und entsprach nur der Dauer der mechanischen Regenerationshemmung! Heilte die lebend implantierte Linse ein, so unterblieb jegliche Regeneration¹⁾.

Diese Resultate zeigten, daß „Druck“ oder „Sekretion“ der Linse keine Alternative ist: für den Druck sowohl als auch für die Sekretion der Linse hatten sich Momente ergeben, beide können offenbar die Regeneration hemmend beeinflussen.

Somit ergab sich, daß bei der Exstirpation der Linse sowohl dem Wegfall des Druckes als auch dem Wegfall des Stoffwechsels der Linse eine Bedeutung für das Zustandekommen der Regeneration zukommt.

Mag das eine oder mag das andere auslösende Ursache oder nur Vorbedingung sein, ungeklärt blieben bisher die Fragen: Wie geschieht die Vermittlung zwischen Reiz und Reaktion? Wo liegen die zur Regeneration *treibenden* Kräfte und wie wirken sie?

Um der Lösung dieser Fragen näher zu kommen, wurde zunächst untersucht, ob es zur Bildung einer neuen Linse eines zellulären Zusammenhanges des regenerierenden Augenteiles, d. h. der oberen Iris mit dem Auge bedarf (*Wachs* 1914, S. 416 ff.). Zu diesem Zwecke wurde dem Tiere nach Exstirpation der Linse ein

¹⁾ In diesem Falle wuchs dann die kleinere Linse im älteren Tiere schneller als ihre Schwesterlinse im jüngeren Tiere. Auch art- und gattungsfremde Linsen konnten vertauscht werden und erhalten bleiben (s. S. 405—406).

mittleres Stück der oberen Iris abgeschnitten und im Auge belassen, nachdem es nach Möglichkeit in die hintere Kammer gedrängt worden war. Es zeigte sich, daß tatsächlich solch ein Stück frei in der hinteren Kammer liegend eine vollkommene Linse bilden kann. *Somit ist zur Bildung einer Linse ein zellulärer Zusammenhang mit dem Auge nicht nötig.* Hiernach ergeben sich logischerweise zwei Möglichkeiten: entweder stecken in solch einem oberen Irisstück alle Fähigkeiten zur Bildung einer Linse drin, oder es gehen vom Auge Einflüsse aus, die aber solche sein müssen, die frei durch das Augeninnere zu wirken vermögen. Denn während *vor Anstellung dieses Versuches* die Möglichkeit vorlag, daß, im Falle einer Beeinflussung der Iris durch das Auge, nervöse Einflüsse oder irgendwelche anderen, von Zelle zu Zelle wirkenden Einflüsse im Spiele sein konnten, sind jetzt diese Möglichkeiten ausgeschaltet.

Untersuchen wir zunächst, ob im Irisstück selbst alle Fähigkeiten zur Bildung einer Linse liegen. Nach *Fischels* Annahme der Alteration als auslösende Ursache — eine Annahme, deren Berechtigung, wie oben gezeigt, schon unwahrscheinlich geworden war — könnte dies sehr wohl der Fall sein. Um diese Frage zu lösen (*Wachs* 1914, S. 422 ff.), wurden aus den Augen sehr junger Larven obere Irisstücke herausgeschnitten und in die Labyrinthregion einer anderen Larve implantiert. Hatte das Stück in sich selbst alle zur Bildung einer Linse nötigen Fähigkeiten, so konnte es sich hier, die Möglichkeit seiner Erhaltung und Ernährung vorausgesetzt, zu einer Linse oder zu Linsenfasern umbilden. Es zeigte sich, daß der gewählte Platz für die Weiterentwicklung der verpflanzten Stücke sehr günstig war.

Da es sich, wie gesagt, um sehr junge Larven handelte, fiel das Stück verschieden groß aus; mehrere Male wurden auch Retinazellen mit verpflanzt. *Dieser Umstand war von entscheidender Bedeutung für das fernere Schicksal des verpflanzten Irisstückes!* Irisstücke ohne Retinazellen entwickelten sich zwar weiter, bildeten aber keine Linsenfasern aus. Irisstücke mit Retinazellen bildeten in vier Fällen Lentoide mit Linsenfasern, in zwei Fällen eine richtige kleine Linse! *Hieraus folgte, daß die Iris nicht aus sich selbst zur Linsenbildung fähig ist, sondern nur unter dem Einfluß von Zellen der retinalen Partie.* Hierbei aber kann es sich, wie oben gezeigt, nur um einen Einfluß handeln, der auch ohne Zellverbindung frei durch die hintere Kammer sich ausbreitend zu wirken vermag. Wollen wir nicht die Annahme irgendwelcher unbekannter strahlender Kräfte oder Energien machen, so wird ein solcher Einfluß ein sekretorischer sein müssen¹⁾.

¹⁾ Durch weitere Versuche wurde noch festgestellt (S. 426 ff.), daß dieser Einfluß, obgleich er sich zwar im Auge frei ausbreitet, in seiner Wirksamkeit auf das Auge selbst beschränkt ist.

Hiermit war die zweite der oben aufgestellten Fragen: „Wo liegen die zur Regeneration treibenden Kräfte und wie wirken sie?“ insoweit gelöst, als sich gezeigt hatte, *daß diese Kräfte in der Retina liegen und als Sekret oder Sekrete wirken.*

Die Versuche warfen aber auch noch ein Licht auf die andere Frage: „Wie geschieht die Vermittlung zwischen Reiz und Reaktion?“ Diese Vermittlung könnte auf nervösem Wege geschehen, die Retina zu ihrer Reaktion vom Hirn aus veranlaßt werden. Diese Möglichkeit schaltete jetzt aus, da ja verpflanzte Augenteile (Iris mit Retinazellen) auch im Labyrinth, ohne nervösen Zusammenhang mit dem Gehirn, Linsenfasern gebildet hatten. Der Ablauf der Vermittlung zwischen Reiz und Reaktion mußte sich also innerhalb des Auges selbst vollziehen.

Hierbei blieb noch zu entscheiden, welches überhaupt der auslösende Reiz, die *auslösende Ursache* war. Nachdem jetzt aber die *Reaktion* als Sekretion der Retina bekannt war, wurde es wahrscheinlich, daß bei der Exstirpation der Linse der Wegfall des Stoffwechsels der Linse, der Sekretion der Linse in dem oben definierten Sinne, die auslösende Ursache und der Wegfall des Druckes nur Vorbedingung sei.

Auch diese Frage konnte zur Entscheidung gebracht werden. Wie oben mitgeteilt, hat ein Stück der oberen Iris die Fähigkeit, frei im Auge liegend eine Linse zu bilden. Ist die soeben gemachte Annahme des Wegfalles einer Sekretion der Linse als auslösende Ursache für das Einsetzen oder Wirksamwerden der Retinasekretion richtig, so muß jegliche Regeneration von solch einem Stück aus unterbleiben, *wenn es in ein Auge mit erhaltener Linse implantiert wird*, bei eventuellem Zerfall oder nachträglicher Ausstoßung dieser Linse hingegen muß an diesem Stück allsobald Linsenbildung einsetzen. Das anzustellende Experiment war demnach das folgende: Es wurde einer Larve ein oberes Irisstück einer zweiten Larve in die hintere Augenkammer gebracht, ohne die Linse zu exstirpieren (*Wachs* 1914, S. 433 ff.). Als klares Resultat ergab sich, daß tatsächlich an dem Stück keine Regenerationerscheinungen auftraten, wenn die Linse des Auges unverletzt erhalten blieb; zerfiel die Linse jedoch, so setzte an dem Irisstück die Linsenbildung in gleicher Weise ein, wie oben für den entsprechenden Versuch mitgeteilt wurde.

Dieses Experiment gab aber nicht nur Aufklärung über die Bedeutung des Vorhandenseins resp. Wegfalls der Linsensekretion, sondern gleichzeitig auch über die Bedeutung der anderen möglicherweise auslösenden Ursache, den Wegfall des normalen Druckes. Es wurde nämlich (*Wachs* 1914, S. 435) bei dem Hineinbringen des Irisstückes in die hintere Kammer die Linse des betreffenden Auges meist mehr oder weniger aus der Pupille heraus in die hintere Kammer

verdrängt. In einigen Fällen rückte sie wieder in die Pupille ein, in anderen blieb sie mehr oder weniger in der hinteren Kammer liegen. So wurde gleichsam, wenn auch in anderer Weise, der früher erwähnte Versuch wiederholt: die Linse mit ihrem Stoffwechsel im Auge zu erhalten, den Druck aber zu ändern. *Trotz dieser Änderung des Druckes unterblieb hier die Regeneration bei erhaltener Linse.*

Aber nicht nur für die Zellen der intakten Iris des Auges änderte sich hierbei in einigen Fällen der Druck, sondern in allen Fällen und in noch viel ausgesprochenerem Maße fiel ja jeder Gegendruck, jede Wachstums hemmung weg für die Zellen des implantierten Irisstückchens! Dies lag ja frei in der hinteren Kammer — und regenerierte doch nicht! *Somit kann der Wegfall des Druckes nicht auslösende Ursache der Regeneration sein.*

Schließlich sagt dies Experiment auch noch etwas über die Bedeutung der *Reizung* aus: bei dieser komplizierten Operation wurde natürlich die Iris weit mehr gereizt als bei der eingangs beschriebenen einfachen Exstirpation. Und noch stärker als für die Iris war ja die Alteration für das implantierte Irisstückchen gewesen, an ihm wurde, indem es abgeschnitten wurde, direkt eine Wunde gesetzt¹⁾. Und doch unterblieb an Iris und Irisstück die Regeneration — bei erhaltener Linse.

Hält man sich diese Ergebnisse gegenwärtig, so dürfte die Frage nach der auslösenden Ursache dahin zu beantworten sein, *daß nicht die Alteration der Iris und nicht der Wegfall des Druckes auslösende Ursache ist, sondern der Wegfall einer „Sekretion“ der Linse.*

Nach dieser Feststellung konnte nun auch die letzte noch unbeantwortete Frage: „Wie geschieht die Vermittlung zwischen Reiz (auslösender Ursache) und Reaktion?“ beantwortet werden. Es war schon gezeigt, daß der Ablauf dieser Vermittlung sich innerhalb des Auges selbst vollziehen mußte (S. 639). Besteht nun die „auslösende Ursache“ für das Einsetzen der Reaktion im *Wegfall einer Sekretion* (der Linse) und besteht die Reaktion selbst im *Einsetzen einer Sekretion* (der Retina), so erhellt ohne weiteres, daß es gar keiner „Vermittlung“ bedarf, sondern daß das eine das andere direkt zur Folge hat: *der Ausfall des Linsenstoffwechsels bedingt das Einsetzen bzw. Wirksamwerden der Retinasekretion* (vgl. hierzu auch 1914, S. 437, über die „polare Differenzierung der Linse“).

Diese Retinasekretion ist aber nichts anderes als die „linsenauslösende Fähigkeit“ des Augenbechers, die durch die Arbeiten von *Spemann* und *Lewis* für die normale Linsenbildung gewisser Amphibien (*Bombinator* und *Rana sylvatica*) festgestellt war. *Somit sehen wir bei der Wolff-*

schen Linsenregeneration durchaus keine neue geheimnisvolle teleologische Kraft, sondern vielmehr eine Fähigkeit in die Erscheinung treten, die der Augenbecher von jeher besaß, die er bei der Entwicklung jedes Einzeltieres normalerweise betätigt.

Während bislang die Wolffsche Linsenregeneration insofern eine besondere Stellung einnahm, als bei ihr besonders unerklärliche Verhältnisse vorzuliegen schienen, hatten diese Ergebnisse die hier vorliegenden Verhältnisse in höherem Maße dem Verständnis näher gebracht, als es für manche andere regenerative Erscheinungen bis jetzt der Fall ist. Aus dem „ignorabimus“ war ein „noscimus“ geworden.

Damit soll natürlich keineswegs gesagt sein, daß alle Verhältnisse der Wolffschen Linsenregeneration restlos geklärt wären! Im Gegenteil liegen hier noch allerhand Fragen, die eine weitere Bearbeitung dieser Vorgänge wünschenswert und aussichtsreich erscheinen lassen. So ist z. B. in diesen Ausführungen noch nichts darüber gesagt worden: „Woher haben die Iriszellen die Fähigkeit, auf den linsenauslösenden Einfluß der Retina zu reagieren?“ — und ungelöst ist z. B. auch diese Frage: „Weshalb ist es immer der obere Irisrand, der der neuen Linse den Ursprung gibt?“

Inzwischen habe ich auch zur Untersuchung dieser Fragen diesbezügliche Versuche angestellt, auf die ich jedoch noch nicht näher eingehen will. Ganz kurz aber möchte ich zum Schluß noch Versuche erwähnen, deren ausführliche Mitteilung noch nicht erschienen ist, über die ich aber in einem Vortrage in der Naturforschenden Gesellschaft zu Rostock (1918) berichtet habe. Um die Richtigkeit der oben gezogenen Folgerung, daß die Regeneration unter einem leitenden Einfluß der Retina vor sich geht, durch ein anderes Experiment zu prüfen, machte ich mich daran, aus dem Auge die Linse und die Retina zu entfernen, und ließ nur das Tapetum und die Iris im Auge zurück.

War die gezogene Schlußfolgerung richtig, so konnte ein solches retinaloses Auge die Linse nicht neu bilden, würde aber in dem retinalosen Auge die Linse doch neu gebildet, so war obige Schlußfolgerung falsch! Das Ergebnis dieser Versuche war nun aber ein ganz unerwartetes: das Auge ersetzte zunächst die entfernte Retina und danach trat auch Neubildung der Linse ein. So nach spricht auch dieser Versuch, über den ich vielleicht gelegentlich ausführlicher an dieser Stelle berichten kann, nicht gegen das oben gewonnene Ergebnis, *daß die Regeneration der Linse stattfindet unter einem von der Retina (und insbesondere von ihren nicht nervösen Elementen) ausgehenden sekretorischen Einfluß, der gleichermaßen bei der normalen Bildung der Linse aus der Haut wie bei der regenerativen Bildung aus der oberen Iris wirksam ist!*

¹⁾ Übrigens zeigte sich, daß durch eine mit Verletzung verbundene Reizung die Regeneration sogar verzögert wird (S. 436).

Durch diese Befunde sowie durch die Tatsache, daß ich die gleiche Art der Neubildung der Linse aus der oberen Iris mehrmals an *nicht-operierten* Tieren, d. h. also in der Natur beobachtet habe, ist es mir wahrscheinlich geworden, daß es sich auch bei der Wolffschen Linsenregeneration um eine Erscheinung handelt, die bedingt ist (sei es erworben, sei es erhalten geblieben) durch ein dauernd für diese Tiere in dieser Richtung bestehendes Bedürfnis bzw. seine Befriedigung!

Literaturverzeichnis.

- 1898 Fischel, A., Über die Regeneration der Linse; Anat. Anz. Bd. 14.
 1900a — Über die Regeneration der Linse; Anat. Hefte, Abt. 1, Heft 44.
 1900b — Zur Frage der Linsenregeneration, Anat. Anz. Bd. 18.
 1903 — Weitere Mitteilungen über die Regeneration der Linse; Arch. Entw. Mech. Bd. 15.
 1896 Müller, E., Über die Regeneration der Augenlinse nach Exstirpation derselben bei Triton; Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 47.
 1894 Wolff, G., Bemerkungen zum Darwinismus mit einem experimentellen Beitrag zur Physiologie der Entwicklung; Biol. Zentralbl. Bd. 14.
 1895 — Entwicklungsphysiologische Studien. 1. Die Regeneration der Urodelenlinse; Arch. Entw. Mech. Bd. 1.
 1900 — Zur Frage der Linsenregeneration; Anat. Anz. Bd. 18.
 1901 — Entwicklungsphysiologische Studien. 2. Weitere Mitteilungen zur Regeneration der Urodelenlinse; Arch. Entw. Mech. Bd. 12.
 1903 — Entwicklungsphysiologische Studien. 3. Zur Analyse der Entwicklungspotenzen des Irisepithels bei Triton; Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 63.
 1914 Wachs, H., Neue Versuche zur Wolffschen Linsenregeneration; Arch. Ent. Mech. Bd. 39.
 1918 — Über die Wiederherstellung des Auges nach Entfernung der Linse und der ganzen Retina; Sitzungsber. u. Abhandl. d. Naturf. Ges. Rostock Bd. 7.
 1919 — Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der Wirbeltiere. 1. Die Linsenbildung aus der Haut; Die Naturwissenschaften Bd. 7, Heft 18.

Schädelkunde aus dem Totenfelde von Cajamarquilla in Peru.

Von Dr. B. Brandt, Belgig i. M.

Im Tale des Rimacflusses, etwa 15 km oberhalb von Lima, befindet sich eine hervorragende „Huaca“ oder Ruinenstätte altperuanischer Kultur, *Cajamarquilla*. Dieser der Keschuasprache entstammende hispanisierte Name, welcher „kleine Felsenstadt“ bedeutet, trifft wenig zu, denn Cajamarquilla ist nicht auf den felsigen Hängen der Kordillerenausläufer, sondern auf breiter, freilich von kahlen Bergen eingefasster Talsohle erbaut. Auch hat die Diminutivform — wie so häufig im Spanischen — kaum Berechtigung, denn die Ruinenstätte dehnt sich über 4 Quadratkilometer aus und hat einstmals eine Bevölkerung von schätzungsweise 10—12 000 Menschen beherbergt. In der Zeit der spanischen Eroberung war sie

ebenso wie einige benachbarte Siedlungen noch bevölkert, heute ist sie menschenleer, verödet und verfallen.

Die Natur der Örtlichkeit ladet wenig zur Siedlung ein. Die Berghänge sind felsig, die Talsohle besteht aus den mächtigen sandigen und tonigen Absätzen des Gebirgsflusses, in die er, starken Schwankungen der Wasserführung unterworfen, ein steilwandiges, unbeständiges Rinnsal eingerissen hat. Außerhalb des Flusses und seiner Zuflüsse herrscht Trockenheit; es regnet selten, nur jahreszeitliche Nebel verleihen der Luft einen zeitweiligen größeren Feuchtigkeitsgehalt. Reichlichere Vegetation findet sich nur nahe den Wasserläufen in Gestalt niedrigen Buschwerkes und Schilfdickichts. Unter den nicht sehr zahlreichen Bäumen fallen der zu den Mimosazeen gehörige Algarrobo (*Prosopis dulcis*) mit seiner breiten, unregelmäßigen Krone und die hohe, zypressenähnliche, geringen Schatten spendende *Salix Humboldtii* auf. Weiter aber vom Flusse finden sich nur spärliche niedrige Gewächse, großblütige



Fig. 1. Ruinen von Cajamarquilla.

Stechäpfel und vor allem Tillandsien. Diese Bromeliazengattung, die die Bäume der tropischen Wälder Amerikas mit bartflechtenähnlichen, von Feuchtigkeit triefenden Fahnen und Vorhängen bedeckt, erscheint hier mit bescheidenen der Trockenheit angepaßten Vertretern, grauen steifblättrigen, unscheinbar blühenden Schöpfen, die ähnlich dem *Sempervivum* das Ruinengemäuer krönen oder in bultartigen, oft halbmondförmig geschwungenen Vegetationsinseln der Heide gleich den kahlen dünnen Boden unterbrechen (vgl. das beigegefügte Landschaftsbild). Im ganzen erinnert die Landschaft an subtropische, langen Trockenzeiten ausgesetzte Gegenden. In der Nähe der spärlichen, verstreuten Gehölze verdichtet sich die Vegetation unter der Wirkung künstlicher Bewässerung zu fruchtbaren Oasen, die sich besonders durch das frische Grün der Zuckerrohrpflanzungen auszeichnen. Diese Berieselungsanlagen sind keine Errungenschaft der europäischen Besiedlung, sondern ein Erbstück der vorspanischen, indianischen Kultur, ein schlecht ver-

waltetes Erbstück, denn sie sind nur Überbleibsel eines einst sehr ausgedehnten planmäßigen und großartigen Bewässerungssystems, das heute zum großen Teile verfallen ist. Zur Blütezeit Cajamarquillas mochte das ganze Tal eine grüne Oase bilden, wie es in anderen dicht besiedelten Tälern der Küste noch jetzt der Fall ist.

Die Ruinen bilden in ihrem heutigen Zustande ein rechtwinklig angeordnetes Gewirr zum Teil gestürzter Mauern, die durchweg aus „Adobones“ oder großen „Adobes“, d. h. aus mächtigen aus Lehm geformten, an der Luft getrockneten, zyklisch aufeinandergesetzten Quadern bestehen. Da sie aus dem an Ort und Stelle anstehenden Lehme gefertigt und ungetüncht sind, hebt sich das Ruinenfeld vom Boden kaum ab. Auch diese im spanischen Amerika weitverbreitete Mauertechnik, die einen niederschlagsarmen Himmel voraussetzt, ist eine Erbschaft der Urbevölkerung. Die Zerstörung der sehr massiven Mauern, die bisweilen wie im Ganzen umgelegt erscheinen, ist weniger auf die Wirkung der Atmosphärien und die Vernichtungswut des Menschen als vielmehr auf die Erdbeben zurückzuführen, die dieses Land häufig heimsuchen.

Erwähnenswert an archäologischen Einzelheiten sind vor allem die tiefen unterirdischen Gewölbe, die der amerikanische Altertumsforscher *Squier* als Vorratskammern, *Middendorf* aber — anscheinend mit größerem Rechte — als Grabstätten deutet¹⁾. Die Hauptmasse der Toten wurde aber nicht in der Stadt, sondern außerhalb beigesetzt. Eine große Begräbnisstätte findet sich südlich von Cajamarquilla. Sie befand sich, als ich die Ruinen im Herbst 1912 besuchte, in einem traurigen Zustande. Wie so viele andere Denkmale der amerikanischen Vorzeit war sie von Schatzgräbern oder Sammlern peruanischer Altertümer heimgesucht, barbarisch durchwühlt und in ein Gewirr von losen Erdhaufen und tiefen Löchern verwandelt worden, zwischen denen Skeletteile, Schnur- und Gewebereste und Scherben keramischer Grabbeigaben verstreut umherlagen. Von der Bestattungsweise war kaum noch etwas zu erkennen; wahrscheinlich aber waren die Toten sorgsam umhüllt und verschnürt in derselben Weise beigesetzt worden, wie die im Museum zu Lima ausgestellten Mumien. Alles ethnographisch Kennzeichnende war gründlich zerstört und beseitigt, dagegen bot anthropologisch brauchbares Material eine Anzahl von Schädeln, die freilich zumeist ihres Zusammenhanges mit den Unterkiefern beraubt waren. Sie lagen offenbar schon längere Zeit zutage, denn in den Höhlungen einiger hatten Wespen ihre Nester erbaut. Die Schädel wiesen, wie schon eine kurze Betrachtung lehrte, bemerkenswerte Eigenschaften auf, die bei der großen Ähnlichkeit untereinander vermutlich den Wert von Rasseigentümlichkeiten haben, um so mehr, als die besiedelten Küstentäler Perus durch wüste gebirgige Räume

getrennt sind, die mindestens in der Zeit vor der Eroberung durch die Inka dem Verkehre schwer überwindbare Schranken setzten. Von dem reichlichen Dutzend Schädel in leidlichem Zustande, die zur Zeit meines Aufenthaltes umherlagen, konnte ich nur die beiden besterhaltenen bergen. Diese seien im folgenden durch Abbildung und Angabe der wichtigsten Maße beschrieben. Von den seinerzeit von *Squier* aus Cajamarquilla mitgenommenen fünf Schädeln, die von *Wyman* im 4. Jahresberichte des Peabody-Museums zu Cambridge in Massachusetts veröffentlicht worden sind, liegen nur die mittleren und die Grenzmaße vor.

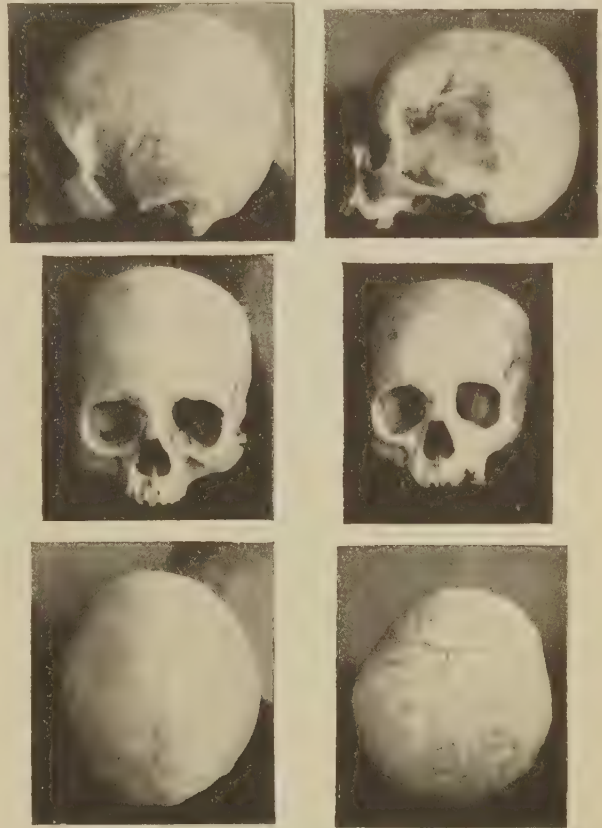


Fig. 2.
Schädel I. Schädel II.

Die Maßzahlen der Schädel sind insgesamt sehr niedrig im Vergleiche mit einem mittleren Europäerschädel; es handelt sich um kleinköpfige Menschen. Bei den *Squierschen* Schädeln von diesem und von anderen Fundpunkten in Peru wurde der Inhalt gemessen und festgestellt, daß die Schädelkapazität bei diesen alten Kulturvölkern geringer ist als bei manchen wilden Stämmen Amerikas, und daß sie fast genau mit der der Australneger und Hottentotten übereinstimmt. *Wyman* knüpft an diesen Widerspruch zwischen den anatomischen und den physiologischen Tatsachen die zu beherzigende Warnung vor Überschätzung der Schädelmessung. Noch auffallender sind die Verhältnisse der Schädeldurchmesser. Die größte Breite, die übrigens weit

¹⁾ *Squier*, Peru; deutsche Übersetzung S. 110 f.; *Middendorf*, Peru III, S. 75 f.

	Schädel I	Schädel II
Erhaltungszustand . .	Calvarium	Calvarium
Alter, geschätzt . . .	matur	adult
Geschlecht	unbestimmt	unbestimmt
Deformationen	—	unsymmetrisch. vgl. unten
Größte Schädellänge .	160	148
Schädelbasislänge . .	90	90
Größte Schädelbreite .	140	133
Kleinste Stirnbreite .	89	88
Basion-Bregma-Höhe .	123	118
Horizontalumfang . .	470	435
Mediansagittalumfang .	335	310
Transversalumfang . .	310	290
Gesichtslänge	90	89
Jochbogenbreite . . .	120	110
Obergesichtshöhe . .	60	60
Orbitalbreite	42	34
Orbitalhöhe	34	33
Nasenhöhe	45	44
Nasenbreite	24	21
Längenbreitenindex .	87,5	89,8

hinterhauptwärts gemessen wird, ist im Verhältnis zur Länge sehr groß, die Längenbreitenindizes sind übermäßig hoch, die Schädel weichen durch ihren extremen Grad der Kurzköpfigkeit augenfällig von den meisten Schädeln ab. Ein Profil wie das von II. muß auch von einem Laien als ein abnormes erkannt werden. Die bei den altamerikanischen Völkern und insbesondere in Peru geübte Gepflogenheit, die Köpfe durch Einschnürung zu verunstalten, darf auch hier zur Erklärung der außergewöhnlichen Schädelgestaltung herangezogen werden. Sie wurde in Peru in zweifacher Weise geübt. In den Kulturstätten um den Titicacasee wurden verlängerte, durch seitlichen Druck künstlich dolichocephal gestaltete Schädel gefunden, während die aus dem nördlichen Peru stammenden durch Abplattung des Hinterhauptes zu hyperbrachycephalen und hypsicephalen Schädeln verkürzt und verbreitert wurden. Jene Art war bei den Aimara-, diese bei den Keschuastämmen in Übung. Bei den aus geographischen wie aus ethnographischen Gründen zu den Keschua zu zählenden Bewohnern von Cajamarquilla war die Schädelverkürzung in Gebrauch; unsere Schädel geben von ihren Folgen eine gute Vorstellung. Es hat übrigens nicht an Stimmen gefehlt, welche die künstliche Verunstaltung der peruanischen Schädel in Abrede stellt und selbst die verlängerten, noch viel auffälliger mißgestalteten Aimaraskädel für natürlich geformt gehalten haben, weil die Beibehaltung irgendwelcher normaler symmetrischer Verhältnisse bei einem solchen Eingriffe unmöglich sei. Daß die Einschnürung des Kopfes das symmetrische Wachstum des Schädels beeinflussen kann, zeigt Schädel II, der offenbar infolge ungleich wirkenden Druckes schief gewachsen ist;

die linke Seitenwandbein- und Hinterhauptsgegend ist viel umfangreicher und weiter vorgewölbt als die rechte. Daß aber solche Unregelmäßigkeiten nicht unbedingt notwendig sind, lehrt der vollkommen symmetrische Schädel I. Die Angabe der übrigen Maße hat natürlich nur einen bedingten Wert, weil die Rasseigentümlichkeiten von den durch die Verunstaltung hervorgerufenen nicht zu scheiden sind. Sie gewähren aber Schlüsse auf das Aussehen im Leben. Obwohl die Jochbogenbreite gering ist, sind die Schädel der geringen Obergesichtshöhe wegen als breitgesichtig zu bezeichnen; breit und niedrig ist vergleichsweise auch die Nasengegend. Ein starkes Hervortreten der Oberkiefer veranschaulichen die Abbildungen. Die Augenhöhen weisen individuelle Unterschiede auf: die von I sind mehr oval, die von II mehr rund. Es handelte sich also um kleine Köpfe mit übermäßig entwickelter Hinterhauptsgegend, breiten, niedrigen Gesichtern und vorspringender Mundpartie. Hierzu treten ergänzend mumifizierte Reste der Kopfhaut, die noch das für die Indianer typische lange schlichte Haar trugen.

Besprechungen.

Veröffentlichungen der Sternwarte Österberg zu Tübingen. Herausgegeben von *H. Rosenberg*. Erster Band, Heft 2. Photographische Photometrie der Mondoberfläche. Teil I. Helligkeitsverhältnisse und Albedo von 55 ausgewählten Stellen der Mondoberfläche bei mittlerem Vollmond. Von *F. W. Paul Götz*. Karlsruhe i. B. 1919. In Kommission der Braunschen Hofbuchdruckerei.

Im Jahre 1911 wurde auf dem Österberg zu Tübingen von Herrn *H. Rosenberg* aus eigenen Mitteln eine kleine, wohl ausgerüstete, hauptsächlich zu astrophysikalischen Forschungen bestimmte Sternwarte errichtet. Das Hauptinstrument ist ein 5-zölliger Refraktor mit apochromatischem Objektiv, das zwar zunächst für visuelle Beobachtungen berechnet ist, aber auch für photographische Aufnahmen (ohne Gelbscheibe) sich eignet. Auf dem Refraktor sind eine photographische Doppelkamera mit Apochromattessaren von 82 mm Öffnung und 830 mm Brennweite sowie ein Tessar von 82 mm Öffnung und 360 mm Brennweite montiert. Zu den Tessaren gehört ein gerad-sichtiges Objektivprisma starker Dispersion. Außerdem sind vorhanden ein großer Zeißscher Stereokomparator für die Ausmessung von photographischen Aufnahmen, ein Hartmannsches Mikrophotometer, verbunden mit einfachem Koordinatenmeßapparat, ein gemeinsam mit *E. Meyer* konstruiertes lichtelektrisches Photometer für den 5-zölligen Refraktor, endlich noch sonstige photometrische Apparate. Bis zum Ausbruch des Krieges waren vollendet oder im Gange folgende größeren Arbeiten: Eine Untersuchung des Schwärzungsgesetzes photographischer Platten, eine photographische Photometrie der Mondoberfläche, eine Untersuchung über die photographische Intensitätsverteilung in Sternspektren, eine Untersuchung des Helligkeitsabfalles der Atmosphäre in unmittelbarer Nähe des Sonnen- bzw. Mondrandes behufs Aufklärung der Ursache der mit der Helligkeit bzw. Belichtungsdauer zunehmenden bekannten Verbreiterung der photogra-

phischen Sternbildchen auf der Platte. Der Krieg hat die so verheißungsvoll begonnene Tätigkeit der neuen Sternwarte unterbrochen, so daß erst jetzt mit dem 2. Heft des 1. Bandes die erste eigene Publikation des jungen Institutes an die Öffentlichkeit gelangen konnte. Das erste Heft wird später erscheinen. Die vorliegende Veröffentlichung bringt den I. Teil der photographischen Photometrie der Mondoberfläche, die die theoretischen Grundlagen, die Darlegung der Beobachtungs-, Messungs- und Reduktionsmethoden, die Bestimmung der Instrumentalkonstanten und die Ergebnisse der Ausmessung von 6 Aufnahmen des Vollmondes an zwei Tagen 1913 und 1914 enthält. Es werden die Helligkeitsverhältnisse und Albedowerte von 55 über die ganze Mondscheibe verteilten Stellen für mittleren Vollmond gegeben. Der zweite Teil wird die Änderungen der Helligkeitsverhältnisse und Albedowerte mit der Phase behandeln und die Ergebnisse diskutieren. Die ganze Untersuchung liegt in den Händen des Herrn P. Götz.

Über den vorliegenden ersten Teil ist zunächst zu sagen, daß die für die Reduktion der Messungen nötigen Formeln, Korrekturen und Überlegungen in anerkennenswerter Ausführlichkeit behandelt sind. Als Beleuchtungsgesetz für die Reduktion der gemessenen Flächenhelligkeit auf volle Beleuchtung ist das Lommel-Seeligersche Gesetz adoptiert, ebenso ist die Albedo in dem Sinne dieses Beleuchtungsgesetzes definiert. Für die Vollmondaufnahmen kommt die Reduktion auf volle Beleuchtung natürlich nicht in Betracht. Für das Schwärzungsgesetz wurde die von Kron (*Potsd. Publ.* Nr. 67, 1913) aufgestellte Form angenommen, nachdem sich die starke Veränderlichkeit des im Schwärzungsgesetz auftretenden Exponenten herausgestellt hatte. Zur Bestimmung der absoluten Albedo wurden die Flächenhelligkeiten mit den extrafokalen Bildern des auf derselben Platte aufgenommenen Polarsternes verglichen, dessen periodische Veränderlichkeit (*Hertzprung*, A. N. 189, Nr. 4518, 1911) berücksichtigt wurde. Das Verhältnis der photographischen Helligkeit des Polaris zur Sonnenhelligkeit wurde nicht von neuem bestimmt, sondern nach *Birck* (*Diss. Göttingen* 1911) zu 28,69^m angenommen. Es ist dabei zu beachten, daß es für ein anderes Instrument und eine andere Plattensorte gilt. Ebenso bedarf die wichtige Extinktionskorrektur eines Hinweises. Es wurden die Potsdamer visuellen Extinktionstabellen benutzt und die Extinktionswerte, um sie für die photographischen Strahlen anwendbar zu machen, mit dem Faktor 2,52 multipliziert. Dieser reichlich hoch erscheinende Wert wurde aus den effektiven Wellenlängen der beiden verglichenen Objekte (Mond und Polaris) und den zugehörigen Durchlässigkeitskoeffizienten der Erdatmosphäre abgeleitet. Die Hauptergebnisse der Untersuchung sind: Photographische Albedo des Mondes (Definition von *Seeliger*) 0,171 — die visuelle, von *Müller* aus den Messungen von *Bond* und von *Zöllner* abgeleitete Albedo ist 0,172; aus den W. H. Pickering'schen visuellen Messungen ergibt sich 0,181, aus einer photographischen Bestimmung desselben 0,129. Nach *Wilsings* und *Scheiners* spektralphotometrischen Untersuchungen an Gesteinen (*Potsd. Publ.* Nr. 61, 1909) beträgt für $\lambda = 0,448 \mu$, die Albedo der Vesuviasche 0,125, des Flußsand 0,193, des Trasses 0,193. Die Albedowerte der einzelnen gemessenen Stellen der Mondoberfläche ergaben sich zwischen 0,312 für die hellste Stelle des Mondes (Zentralberg des Aristarch) und 0,109 für die sehr dunkle Fläche des Oceanus Procellarum. Dies ist ein überraschend geringer photographischer Unter-

schied für zwei dem Auge so außerordentlich verschiedenen hell erscheinende Stellen der Mondoberfläche. Aus einer von *Wirtz* (*Astr. Nachr.* 201, Nr. 4816—17, 1915) bearbeiteten selenphotometrischen Reihe von *Wislicenus*, also für einen stark verschiedenen Spektralbereich, ergab sich als Verhältnis der hellsten zur dunkelsten gemessenen Stelle 8:1. Optisch-photometrische Messungen von *Rosenberg* mit einem Flächenphotometer stimmen nahe mit dem photographischen Ergebnis überein, dagegen stehen visuelle Messungen von *E. C. Pickering*, die ein Verhältnis von 160—170:1 ergaben, in völligem Widerspruch mit den vorstehenden Beobachtungen. Es bleibt künftigen Untersuchungen vorbehalten, diesen scheinbaren Widerspruch aufzuklären.

P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.

Mache, Heinrich, Die Physik der Verbrennungserscheinungen. Leipzig, Veit & Comp., 1918. IV, 133 S., 43 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Preis geh. M. 6,— und 25 % Teuerungszuschlag.

Der durch seine Forschungen über Radioaktivität in weiten Kreisen bekannte österreichische Physiker *Mache*, jetzt ordentlicher ö. Professor an der Technischen Hochschule in Wien, gibt in dem vorliegenden Werke eine zusammenfassende Darstellung der Verbrennungserscheinungen in Gasen und festen Stoffen vom physikalischen Standpunkte, also unter Außerachtlassung alles dessen, was mit der besonderen chemischen Natur der zur Verbrennung kommenden Stoffe zusammenhängt. Von der Behandlung der brisanten Explosionserscheinungen (Detonation, Explosionswelle) hat der Verfasser Abstand genommen und seine Ausführungen mit Absicht auf den Vorgang der ruhigen Verbrennung unter hydrostatischem Gleichgewicht beschränkt, hier aber unter Benutzung der Forschungsergebnisse bis 1917 den gegenwärtigen Stand unseres Wissens auf diesem Gebiete nach Möglichkeit erreicht.

Bezüglich der Thermodynamik des Verbrennungsvorganges wird der Leser auf *Habers* wohlbekannte, heute allerdings zum Teil bereits veraltete „Thermodynamik technischer Gasreaktionen“ (Verlag Oldenbourg, München, 1905) verwiesen, bezüglich Elektrizitätsleitung und Lichtemission der Flammen auf Band IV von *Marx'* Handbuch der Radiologie (Akad. Verlagsgesellschaft Leipzig, 1916). Im vorliegenden Buche findet er die mathematische Beantwortung aller Fragen, die sich auf Temperaturverteilung, Entzündungs- bzw. Verbrennungsgeschwindigkeit, Flammenform und Druckverhältnisse beziehen.

Der erste Abschnitt befaßt sich mit den Flammenerscheinungen in gasförmigen Stoffen, deren mathematisch-kritische Erörterung für Bau und Betrieb der Verbrennungsmotoren wertvoll ist. Einige wohlgeklungene photographische Flammenaufnahmen sind am Schluß des Buches auf 2 Tafeln vereinigt.

Der zweite Abschnitt behandelt die Verbrennungserscheinungen an festen Stoffen, insbesondere an solchen, die rauchlos durch innere Verbrennung vergasbar sind, wie die modernen Nitrozellulosetreibmittel (Blättchenpulver usw.); also ein für die „innere Ballistik“ unserer Feuerwaffen höchwichtiges Problem. Größe und Form der Pulverkörnung sind von entscheidendem Einfluß auf Verbrennungsgeschwindigkeit, Temperatur- und Druckentwicklung im Geschützrohr.

Das Werk trägt überall die persönliche Note des Verfassers und wird deshalb auch diejenigen interessieren, welche mit dem Gegenstand bereits vertraut sind. Den mathematischen Entwicklungen zu folgen wird nicht jedem leicht fallen, obwohl der Verfasser

dem Leser nicht mehr Vorkenntnisse zumutet als sie ein normaler Hochschulunterricht vermittelt.

Mit einer für die Zeit des Erscheinens (noch während des Krieges) besonders aner kennenswerten Objektivität wird der Anteil der verschiedenen Forscher an der Entwicklung der Theorie und der Untersuchungsmethoden gewürdigt, welcher Nation sie auch angehören mögen. Der eigene Anteil des Verfassers wird aus dem Verzeichnis von Abhandlungen ersichtlich, welches an den Schluß des Buches gesetzt ist.

A. Koenig, Karlsruhe.

Planck, M., Einführung in die Mechanik deformierbarer Körper, zum Gebrauch bei Vorträgen sowie zum Selbstunterricht. Leipzig, S. Hirzel, 1919. V, 193 S. Preis geh. M. 9,50, geb. M. 11,50.

Über die äußere Gestalt, die formale Einteilung und die Darstellungsart dieses Lehrbuchs von *Planck* gilt dasselbe, was Ref. über das vor 3 Jahren erschienene Buch *Plancks* Einführung in die allgemeine Mechanik gesagt hat. (Diese Zeitschr. 5. Jahrg. 1917, S. 474.) Vielleicht bedeutet aber das neue Werk noch eine Steigerung der Schönheit und Abrundung, der Klarheit und logischen Schärfe. Der Inhalt umfaßt die Theorie der Elastizität und die Hydrodynamik. Natürlich kann in dem engen Rahmen von noch nicht 200 Seiten, der etwa dem Umfange einer vierstündigen Vorlesung entspricht, keine vollständige Übersicht über diese umfangreichen Gebiete gegeben werden. *Planck* richtet sein Bemühen hauptsächlich auf einfache und klare Begriffsbildung und beschränkt sich inhaltlich auf die allgemeinen Ansätze und Theoreme, die nur durch einzelne Beispiele erläutert werden. So wird die schwingende Saite ausführlich behandelt, als Musterbeispiel für die weitausgedehnte Theorie der Schwingungs- und Wellenvorgänge. Zugleich aber gewinnt *Planck* dadurch die Gelegenheit, etwas zu geben, was kein anderer auf so engem Raume in solcher Schönheit darstellen könnte: einen kurzen Abriß der physikalischen Grundlagen unserer Musik, einschließlich der Helmholtzschen Resonanztheorie des Hörens. Diese Seiten sind höchst genußreich zu lesen, weil man — wie bei der Lektüre von *Helmholtz'* Tonempfindungen — spürt, wie musikalisches Gefühl sich mit physikalischem Erkennen zu schönster Einheit paart. Von den Beispielen zur Hydrodynamik möchte ich diejenigen erwähnen, die die innere Reibung berücksichtigen; das Buch schließt mit der Ableitung der Stokes'schen Widerstandsformel für eine Kugel, die in der Molekularphysik heute eine große Rolle spielt.

M. Born, Frankfurt.

Keilhack, K., Lehrbuch der praktischen Geologie, Arbeits- und Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Geologie, Mineralogie und Paläontologie. 3. Auflage, Bd. 1 und 2. Stuttgart, Ferd. Enke, 1916/17. Bd. I: XIV, 522 S., 222 Fig. und 2 Taf. Preis geh. M. 15,—. Bd. II: XI, 524 S. und 196 Fig. Preis geh. M. 14,20.

Das altbewährte Lehrbuch erscheint trotz der Erschwerung durch die Kriegsverhältnisse in der bekannten guten Ausstattung des Verlages. Die Fülle des Stoffes hat eine Zerlegung in 2 Bände nötig gemacht; den 826 Seiten der zweiten Auflage stehen 505 und 503 Seiten der neuen Auflage gegenüber. Wie früher haben auch hier eine Reihe von Mitarbeitern spezielle Kapitel des Werkes behandelt, viele sind durch Neubearbeitung und Zusätze wesentlich vervollständigt worden, so die Abschnitte über Vulkanismus von *Sapper*, Erdbeben von *Sieberg*, über Grundwasser und Quellen. Dazu kommen noch eine Reihe neuer Kapitel:

so enthält der erste Band einen Abschnitt über Höhlenforschung von *I. Szombathy*, über Torfmooruntersuchung, über Prüfung von Bohrproben, über Untersuchung von Baustoffen von *G. Berg*; zu dem schon früher vorhandenen Abschnitt über Aufsuchung von Erzlagerstätten kommen solche über Aufsuchung von Kohlen- und Salzlagerstätten von *P. Krusch*. Der zweite Band bringt als Neuheit einen Abschnitt über Kriegsgeologie, praktisch-geologische Arbeiten für die Kampf- und Etappentruppen aus dem Bereiche der Wasserversorgung, Stellungsbauten und Rohstoffbeschaffung.

Zweifellos wird das Werk auch in seiner neuen Form seine Aufgabe erfüllen und sich neue Freunde erwerben.

O. H. Erdmannsdörffer, Hannover.

Mitteilungen aus dem Gebiete der Röntgenstrahlen.

In den Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. 24 und 25, 1916—1919 finden sich mehrere Arbeiten, die an eine Veröffentlichung von *A. Köhler*, **Beugungsähnliche Lichtstreifen an den Schattenrändern einfacher Röntgenaufnahmen** anschließen. Die Diskussion der von *A. Köhler* beobachteten Erscheinung ist aus mehr als einem Grunde lehrreich.

Köhler beobachtete unter der großen Zahl der in den Wiesbadener Lazaretten hergestellten Extremitätenaufnahmen bei einigen wenigen, ziemlich flauen Bildern helle Säume, die sich an der Fleischkontur entlang ziehen; hell ist dabei im Sinne starker Schwärzung der Originalplatte, also besonders starker Beeinflussung durch Röntgenstrahlen, gebraucht. Auf den der Köhlerschen Arbeit beigegebenen photographischen Abzügen sind die Knochen schwarz, die Fleischpartien mitteldunkel und der Luftraum ziemlich hell. Die Säume erscheinen deutlich heller als der Luftraum, bis zu 2 mm breit, liegen innerhalb der Muskelkontur und sind nach außen (Luftraum) hin schärfer begrenzt als nach innen. Vergrößerungen zeigen, daß auch der Schatten eines Drahtes (der einen Fistelgang bezeichnet) von einem Saum (von etwa 0,2 mm Breite) begleitet ist. Über die Entstehungsbedingungen ist *Köhler* zu keiner Klarheit gekommen; er meint, neue Röhren begünstigten die Entstehung und schließt (wohl aus der allgemeinen Flauheit der Bilder) auf ungewollt große Härte. Als Ursachen der Streifen, die er „Überlicht-Randstreifen“ nennt, werden Beugungserscheinungen, Sekundärstrahlen, photographische Effekte aus verschiedenen (nicht im einzelnen angegebenen) Gründen zurückgewiesen.

In der physikalischen Röntgenliteratur haben schmale helle und dunkle Streifen auf Röntgenplatten des öfteren eine Rolle gespielt und der Kenner der älteren Arbeiten wird unwillkürlich an sie erinnert. Insbesondere handelte es sich bei allen Versuchen, die Natur der Röntgenstrahlen durch Nachweis von Beugung aufzuklären, um die Entscheidung, ob bei der Abbildung eines Spaltes das geometrisch-optische Abbild von Beugungsfransen begleitet ist oder nicht. Verschiedentlich sind von enthusiastischen Forschern in den ersten Jahren nach der Röntgenschen Entdeckung Beugungsstreifen beschrieben worden, die sich aber bald als optische Täuschungen herausgestellt haben. Erst mit den feinsten photometrischen Hilfsmitteln und genauester theoretischer Diskussion der zu erwartenden Beugungserscheinung haben sich kurz vor der endgültigen Bestätigung der Wellennatur durch die

Laueschen Kristallinterferenzen einwandfreie Schlüsse aus Beugungsbildern an Spalten ziehen lassen.

Für die Diskussion von Spaltaufnahmen wurde 1898 von dem Holländer *Wind* eine optische Täuschung untersucht, auf die *Mach* bereits aufmerksam gemacht hatte. Sie muß hier besprochen werden, weil *B. Walter*, der selbst zusammen mit *R. Pohl* an der Herstellung von Spaltbeugung erfolgreich gearbeitet hat, neuerdings auf sie zur Erklärung der Köhlerschen Streifen hingewiesen hat.

Die Mach-Windsche Täuschung beruht auf der Eigentümlichkeit des Auges, ziemlich unempfindlich bei der Wahrnehmung von räumlichen Helligkeitsänderungen zu sein, so lange die Änderung ganz gleichmäßig geschieht (linearer Anstieg oder Abfall). Jedoch besitzt das Auge eine erstaunlich große Fähigkeit, Unregelmäßigkeiten des Anstiegs zu entdecken. Man überzeugt sich hiervon am schönsten, wenn man sich Scheiben mit gesetzmäßig wechselnder Helligkeit herstellt, indem man auf der Achse eines kleinen Elektromotors schwarze Pappscheiben, die zum Teil mit weißem Papier beklebt sind, schnell rotieren läßt. Schneidet man das Weiß so zu, daß die Größe des weißen Winkels mit wachsender Entfernung von der Drehachse linear zunimmt, so entsteht durch die Mischung bei der Umdrehung eine gleichmäßige Helligkeitszunahme vom Zentrum nach dem Umfang der Scheibe. Begrenzt man Weiß durch zwei Radien, so ist die Helligkeit auf der Scheibe konstant. Hat man nun eine Scheibe, bei der von innen nach außen die Helligkeit bis zu einem Maximalwert linear ansteigt, um dann konstant zu bleiben, so beobachtet das Auge nicht etwa diese wahre Helligkeitsverteilung, sondern man sieht innen ein Grau, das nach außen hin heller wird, und außen einen konstanten hellen Ton; aber außerdem, und das ist die Mach-Windsche Erscheinung, einen intensiv hellen Ring von einigen mm Breite, der das Gebiet der ansteigenden von dem der konstanten Helligkeit scheidet. Dieser Saum weist eine Helligkeit auf, die erheblich größer scheint, als die maximale durch Mischung von Schwarz und Weiß erzeugte Helligkeit, die ja im äußeren Teil der Scheibe verwirklicht ist. Sie ist ein reines Phänomen der Wahrnehmung ohne Gegenstück in der wahren physikalischen Helligkeitskurve. (Um Kontrastwirkung im gewöhnlichen Sinne handelt es sich nicht, da der Saum ja nicht zwischen Teilen verschiedener, aber konstanter Helligkeit auftritt.) Man kann den Befund so aussprechen:

Wie gegen den Absolutwert der Helligkeit erweist sich das Auge auch als unempfindlich gegen den Anstieg (ersten Differentialquotienten) der Helligkeitskurve, als überempfindlich gegen die Krümmung der Helligkeitskurve (zweiten Differentialquotienten).

Hat man die Mach-Windsche Erscheinung einmal aufgefaßt, so findet sich im täglichen Leben öfters Gelegenheit, sie zu beobachten, wo gesetzmäßige Übergänge von einer Helligkeit zu einer anderen stattfinden. Der Physiker muß sich ihrer bei Betrachtung von photometrierten Spektralaufnahmen erinnern: wo das Auge z. B. bei einem engen Dublett deutlich zwei schmale getrennte Linien erkennt, zwischen denen der helle Untergrund hervorleuchtet, verzeichnet das Mikrophotometer nur eine einzige breite Linie, bei der die Spitze der Helligkeitskurve etwas eingedrückt ist. Der starke Sinneseindruck entsteht durch die drei Stellen starker Krümmung, nicht durch die absolute Höhe der Kurve.

Ähnliche Verhältnisse wie bei der oben beschrie-

benen Scheibe liegen in den Köhlerschen Aufnahmen vor. Die Einwirkung der Röntgenstrahlen ist an der Peripherie (Luftraum) maximal und nimmt innerhalb der Kontur infolge der wachsenden Dicke des durchgesetzten Muskelteils schnell und gleichmäßig ab. Infolgedessen entgegnet *B. Walter* auf die Köhlersche Beobachtung mit dem Hinweis auf die Mach-Windsche Täuschung. *Köhler* seinerseits bringt in einer weiteren Arbeit neues Material, um die physikalische Wirklichkeit der Erscheinung darzutun. Vor allem ist die mikrophotographische Auswertung einer Aufnahme entscheidend, die von *E. Wagner* mit dem Kochschen selbstregistrierenden Photometer ausgeführt worden ist. Sie zeigt in der Tat, daß die Schwärzung der Platte innerhalb des Luftraumes nicht die maximale ist, sondern um ein Kleines übertroffen wird an der Grenze gegen den Muskelschatten hin. *Walter* unterzieht diesen Befund einer weiteren Diskussion. Daß die Mach-Windsche Täuschung auftreten muß, wo der gleichmäßige Schwärzungsanstieg innerhalb des Muskelrandes in die konstante Schwärzung des Luftraumes übergeht, ist zweifellos, und in der Tat bemerkt man sie bei genauer Betrachtung auf vielen Platten. Die Besonderheit der Köhlerschen Aufnahmen ist die ungewöhnliche Hervorhebung dieses Überganges durch den kleinen Buckel der Schwärzungskurve an der Stelle der Kontur — was selbst wieder eine Folge des oben formulierten Mach-Windschen Wahrnehmungsgesetzes ist. Zur vollen Klärung der Erscheinung ist es nun noch nötig, über die Entstehung des Buckels Rechenschaft zu geben, d. h. die Ursache dafür aufzudecken, daß die Schwärzung an einer Stelle die größte ist, wo gegenüber dem Luftraum Röntgenwirkung durch den Muskel fortgenommen ist.

Walter findet — ebenso wie *F. Janus* im gleichen Heft der Fortschritte 1919 — die Erklärung in dem Rückgang der Plattenschwärzung durch Überbelichtung (Solarisation). Der Luftraum ist infolge der ungehinderten Ausbreitung der Strahlen überbelichtet, seine Schwärzung durch Solarisation herabgesetzt gegenüber den angrenzenden Teilen innerhalb der Kontur, die bei geringerer Belichtung voll geschwärzt wurden, weil die Intensität zur Solarisation der Platte nicht ausreichte. Die Benutzung von neuen Röntgenröhren begünstigt die Entstehung der Randstreifen insofern, als die richtige Belichtung bei neuen Röhren leicht verfehlt wird; daß dies der Fall war, bezeugt auch die allgemeine Flauheit der Bilder.

Zur Bekräftigung dafür, daß das Gebiet der Solarisation leicht erreicht werden kann, hat *Walter* die Empfindlichkeit verschiedener photographischer Emulsionen für Röntgenstrahlen untersucht. Die Versuche betreffen gewöhnliche Schleußner-Momentplatten, Gelbetikett, die Paketen mit verschiedenen Emulsionsnummern entnommen waren. Die Belichtungen, gemessen in Meter-Milliampère-Minuten (M. M. M.), die notwendig waren, um maximale Schwärzung zu erzeugen, betragen bei 6 Wehnelt und 8 Wehnelt Härte:

Em. Nr.	4872	5174	5294	5300	
6 W.	64	300	440	480	} M. M. M.
8 W.	32	76	550	220	

Wenn auch die Unterschiede, zumal zwischen den weiter auseinanderliegenden Emulsionsnummern, außergewöhnlich groß erscheinen, so geht doch aus der Tabelle die Warnung klar hervor, Platten der gleichen

Sorte für ein konstantes Fabrikationsprodukt in bezug auf Empfindlichkeit zu halten. Bei der absichtlichen Wiederholung der Köhlerschen Randstreifen mit verschiedenen Platten würde die wechselnde Empfindlichkeit eine wesentliche Rolle spielen.

Die Diskussion der Köhlerschen Streifen dürfte ihre Natur aufgeklärt haben. Sie bietet ein gutes Beispiel dafür, wie bei der feineren Arbeit des Röntgenologen — auch wenn vom rein-medizinischen abgesehen wird — die verschiedenartigsten Gebiete heranzuziehen sind.

Im Kriege haben bei beiden Parteien die angefangenen Gedankenreihen der Forschung sich unabhängig voneinander weiterentwickelt. Der Parallelismus des Fortschritts tritt besonders auffallend in einer Arbeit des amerikanischen Physikers *A. W. Hull* zutage, die **eine neue Methode der Bestimmung der Kristallstruktur durch Röntgeninterferenzen** betrifft (A new Method of X-Ray Crystal-Analysis, Physical Review, N. S. X pg. 661, December 1917). Die Methode, die *Hull* erfunden zu haben vermeint, ist *genau die gleiche*, die *P. Debye* und *P. Scherrer* in der Physikal. Ztschrift. XVII, p. 277, 1916, also 1½ Jahre vorher beschrieben haben.

Das Wesentliche der Methode besteht darin, daß zur Erzeugung des Interferenzbildes ein aus sehr vielen kleinen Kristallindividuen bestehendes Pulver benutzt wird, anstatt des einen wohl ausgebildeten und genau eingestellten Kristalls, der sowohl für Aufnahmen nach *Laue-Friedrich-Knipping* wie für Spektromettermessungen mit der Braggschen Anordnung unerlässlich ist. Ein Kristallpulver oder ein mikrokristalliner Körper (z. B. Metall) enthält kleine Kristallindividuen in regelloser Orientierung. Wird ein Stäbchen aus solchem Material mit parallelem monochromatischem Röntgenlicht von einer gewissen Wellenlänge λ bestrahlt, so gibt es unter den vielen Kriställchen stets eine Anzahl, deren eine Flächensorte mit dem einfallenden Strahl gerade den Reflexionswinkel einschließt, so daß der auftreffende Teil des Primärstrahls reflektiert wird. Wie man weiß, tritt Reflexion der Röntgenstrahlen nur unter solchen Winkeln ϑ ein, deren Sinus ein ganzes Vielfaches des Verhältnisses von Wellenlänge zu doppeltem Abstand der betreffenden Spiegelflächen ist (Braggsche Bedingung $n\lambda = 2d\sin\vartheta$). Im allgemeinen werden dieselben Kriställchen nicht in der Lage sein, die Wellenlänge λ mit einer zweiten Flächenart zu reflektieren; aber es gibt bei genügend feiner Verteilung des kristallinen Materials sicherlich eine große Zahl anderer Kriställchen, bei denen diese zweite Flächenart den für sie geeigneten Reflexionswinkel gegen den Primärstrahl aufweist. Da es einen ganzen Kegel von Richtungen um den Primärstrahl herum gibt, die mit diesem einen bestimmten Winkel einschließen, so bilden die von allen Flächensorten reflektierten Strahlen eine Schar von Kegelmänteln mit gemeinsamer Spitze an der durchstrahlten Stelle des Präparates. Die Öffnungswinkel der Kegel kennzeichnen die inneren Flächenabstände in den Kriställchen.

Die experimentelle Durchführung dieses Gedankens ist bei *Hull* fast die gleiche wie bei *Debye* und *Scherrer*. Aus dem Strahlenkegel der Antikathode wird durch eine Doppelblende ein enges Bündel ausgesondert, das auf das Kristallpulver fällt. Dieses ist in eine Papierhülse oder in ein dünnes Glasröhrchen geschüttet. Je feiner seine Verteilung, um so besser; sollte es so grobkörnig sein, daß sich seine körnige Struktur in den Interferenzstrichen bemerkbar macht

(Körnerdurchmesser $> 0,1$ mm), so wird es während der Aufnahme gedreht. Schwierigkeiten wurden bei sehr weichen Kristallen darin gefunden, die Struktur nicht zu stören. Wie nämlich *Debye* und *Scherrer* aus ihren Versuchen schließen, läßt sich bei Graphit der Abstand der einen Flächensorte schon durch geringen Druck um 15 % des normalen Wertes ändern. Nur durch langes Ausglühen und vorsichtigstes Einfüllen in die Papierhülse gelang es ihnen, ein einheitliches Graphitpulver zu erhalten, das scharfe Reflexion lieferte. Ähnlichen Schwierigkeiten bei der Herstellung des feinkristallinen Materials ist *Hull* bei Na, K, Li begegnet. Ein aus einem alten Na-Block geschnittener Stab zeigte, daß das ganze Stück ein einziger Kristall war. Nach vergeblichen Versuchen, durch Destillation oder Schmelzen in heißem Xylol kleine Kristalle zu erhalten (das entstehende tropfenförmige Na war amorph), wurde das Metall durch Ziehbacken zu einem 0,1 mm dünnen Faden gepreßt, dieser möglichst unregelmäßig in einem Glasrohr von 1 mm \varnothing untergebracht und während der Aufnahme gedreht und verschoben. Kontrollaufnahmen lieferten bei Na übereinstimmende Bilder.

Schwierigkeiten der Materialbeschaffung dürften bei der Methode der Mikrokristalle die Ausnahme sein; ja, der Hauptvorteil gegenüber der Laue- und der Braggmethode besteht darin, daß die Beschaffung des großen einheitlichen störungsfrei gewachsenen Kristalls fortfällt, die oft unüberwindlich schwer ist.

Die vom Kristallpulver ausgehenden Interferenzstrahlen werden photographisch nachgewiesen; bei *Debye-Scherrer* auf einem gebogenen Film, der das Präparat im Kreise umschließt und auch die nach der Röntgenröhre hin austretenden Strahlen aufzeichnet; bei *Hull* hingegen meistens mit Platte und Verstärkungsschirm. Trotz höchster Belastung der Coolidge-Röhre (bis 37 Milliampère Dauerbelastung!) beträgt die Aufnahmezeit je nach Feinheit der Blende 6—20 Stunden. *D.-Sch.* kommen ohne Verwendung von Verstärkungsschirmen mit geringeren Zeiten aus; sie erreichen dies durch Benutzung einer eigens gebauten Röntgenröhre mit möglichst geringem Abstand Antikathode—Kristallpulver.

Ferner haben *Debye* und *Scherrer* als Antikathodenmaterial Kupfer, dessen K.-Strahlung im wesentlichen die Wellenlängen $K_\alpha = 1,549 \text{ \AA}$, $K_\beta = 1,402 \text{ \AA}$ (Cu) enthält, halb so lang ist die K-Welle des Molybdäns, die *Hull* bevorzugt: $K_\alpha = 0,712 \text{ \AA}$ (Mo). Die Wahl der Wellenlänge ist von Wichtigkeit, weil sie die Anzahl Linien bestimmt, die man bei ein und demselben Kristallpulver überhaupt erzeugen kann. Denn da (nach der oben zitierten Reflexionsformel) die Wellenlänge stets kleiner sein muß als der doppelte Abstand der spiegelnden inneren Kristallflächen, so können lange Wellenlängen nur von wenigen Flächensorten zurückgeworfen werden. Beispielshalber gibt es im Diamant nur 3 Flächen, die die Eisenlinien $\lambda = 1,93 \text{ \AA}$ reflektieren, hingegen für die Molybdänlinien 27 und für die Wolframlinien ($0,212 \text{ \AA}$) mehr als 100 spiegelnde Flächen. Es handelt sich darum, einerseits eine unübersichtliche Fülle von Linien zu vermeiden, andererseits genügend viel Linien zur eindeutigen Bestimmung der Struktur zu erhalten. 15 bis 30 Linien sind Zahlen, die von beiden Autoren bevorzugt werden.

Bei der oben angestellten Überlegung über die Lage der Interferenzen wurde angenommen, daß der Primärstrahl nur *eine* Wellenlänge λ enthalte. Dies ist

⁴⁾ 1 \AA (Angström-Einheit) = 10^{-8} cm.

für die Diskussion des Photogrammes das einfachste und *Hull* bemüht sich deshalb, eine *Quelle für streng monochromatische Röntgenstrahlen* herzustellen. Zu dem Zweck isoliert er durch ein geeignetes Filter aus der Molybdän-K-Strahlung die stärkste und langwelligste Linie K_{α} .

Zirkon steht im periodischen System der Elemente zwei Stellen vor Molybdän, seine K-Strahlung ist etwas langwelliger als die des Molybdäns und wird von der K_{β} -Linie des Mo stark, nicht aber von der etwas weicheren K_{α} -Linie angeregt. Hiermit hängt es zusammen, daß ein Zr-Filter für die β -Linie des Mo den 8-fachen Absorptionskoeffizienten zeigt, wie für die α -Linie und daß es die β -Komponente trotz ihrer größeren Härte nahezu vollständig entfernt. Da auch nach langen Wellenlängen hin der Absorptionskoeffizient des Filters schnell wächst, bleibt im wesentlichen nur die eine Wellenlänge der α -Komponente übrig; alle anderen Wellenlängen sind mindestens 30 mal schwächer als sie.

Außer der geschickten Filterwahl ist die richtige Betriebsspannung der Röhre Vorbedingung. Denn wie *Webster* und *Clark* gezeigt haben (Proc. Nat. Acad. 3, 185, 1917) wächst die Ausbeute an K-Strahlung mit Erhöhung der Spannung, und zwar bei Molybdän anfangs mit $(V-20000)^{3/4}$, wenn die Spannung V in Volt gemessen wird. (20 000 V ist die Grenzspannung, unter der überhaupt keine K-Strahlung von Mo erhalten wird (vergl. *E. Wagners* Bericht über Röntgenspektroskopie in Phys. Ztschr. XVIII, 1917). Es ist für die Ausbeute an Eigenstrahlung somit vorteilhaft, hohe Betriebsspannungen zu benutzen. Andererseits steigt damit die Härte der neben der Eigenstrahlung erzeugten „weißen Röntgenstrahlung“, die schließlich das Filter durchdringt und doch wieder Inhomogenität hervorruft. Als günstigste Bedingungen gibt *Hull* an: Coolidgeöhre, 30 000 V, Filter aus gepulvertem Zirkonmineral ($ZrSiO_4$) in einer Schichtdicke von etwa 0,35 mm. — *Debye* und *Scherrer* verzichten auf die Aussonderung der β -Linie, deren Reflexe sich bei einiger Übung auf den Photogrammen leicht von denen der α -Linien trennen lassen.

Diese neue Methode der Strukturbestimmung ist die ideale für Stoffe, die in genügend großen Kristallen schwer zu beschaffen sind. Sie ist von ihren Erfindern hauptsächlich auf Metalle und sodann auf Graphit angewendet worden. Bei Aluminium, das sowohl von *Hull* wie von *Scherrer* (Phys. Ztschr. 19, 23, 1918) untersucht worden ist, stimmen die Ergebnisse genau überein. Bei Graphit hingegen, dessen Struktur wegen des Vergleiches mit Diamant so sehr interessiert, ist es *Hull* nicht gelungen, das von *D.-Sch.* angegebene Gitter zu erschließen, das offenbar den Aufnahmen viel besser gerecht wird, als das von *Hull* angegebene. Von den Linien, die nach dem *Hullschen* Strukturmodell erwartet werden müssen, treten viele nicht auf, während *Debye-Scherrer* alle erwarteten Linien aufweisen können. Sichere Ergebnisse hat *Hull* für Si, Mg, Na, Ni (in zwei Modifikationen) und Fe.

Neben dem Ausbau der experimentellen Methode hat bei uns eine systematische Untersuchung darüber eingesetzt, wie das mathematische Problem zu lösen ist, um aus den Interferenzen das System und die Struktur der Mikrokristalle zu ermitteln. Von *Runge* einerseits, von *Johnsen* und *Toeplitz* andererseits sind in der Physikalischen Zeitschrift 1917 und 1918 eingehende Vorschriften entwickelt worden. Die Diskussion der Aufnahmen bei *Hull* befriedigt nur dort, wo er die Struktur der einfachen Elemente, die er untersucht, richtig erraten hat, versagt jedoch z. B.

bei Graphit. Wenn auch in Amerika bessere Methoden entwickelt worden sind, wird der Vergleich mit den beiden bei uns gefundenen Arten wertvoll sein.

P. P. Ewald, München.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Beziehungen zwischen den Schwankungen des Klimas und der Produktion in Australien (Dr. *Johanna Rosenkranz*, Mitteilungen der Geogr. Gesellsch. in Hamburg Bd. XXXI, S. 111—182). Für den Handel Australiens mit den europäischen Staaten spielen die Produkte des Ackerbaus und der Viehzucht, die $\frac{2}{3}$ der Gesamtausfuhr Australiens ausmachen, die Hauptrolle, und zwar insbesondere Weizen und Wolle. Im Jahre 1912 waren an der Gesamtausfuhr von $1\frac{1}{2}$ Milliarden Mark Wolle mit 538 Millionen und Weizen mit 131 Millionen Mark beteiligt. Der Ertrag an beiden Produkten vermehrt sich beständig; z. B. hat sich der Ertrag des australischen Weizenbaus von 1860 bis 1913 etwa verneunfacht. Die Erträge des Ackerbaus wie auch der Viehzucht sind großen Schwankungen unterworfen, so daß, obgleich Australien im allgemeinen zu den Überschußgebieten in bezug auf Getreide gehört, gelegentlich Einfuhr von Getreide erforderlich ist wie im Jahre 1903 wegen der Mißernte des Vorjahres. Infolge der großen Bedeutung von Australiens Ackerbau und Viehzucht für die Weltwirtschaft ist eine Untersuchung über die Ursachen der Schwankungen von erheblichem Interesse.

Die Hauptweizenproduzenten in Australien sind Neu-Süd-Wales (36,2 % der Gesamtproduktion), Victoria (28,5 %), Südaustralien (23,4 %) und Westaustralien (10 %); gerade die ersteren und auch Queensland sind Mißernten in hohem Maße ausgesetzt, während Westaustralien und Tasmanien weit geringere Schwankungen der Erträge aufweisen (vgl. Tabelle).

Vergleich der jährlichen Ernteerträge (Bushels pro Acre) in den einzelnen Staaten Australiens.

1880—1913	Neu-Süd-Wales	Victoria	Süd-Australien	West-Australien	Tasmanien	Queensland
Mittlerer Ertrag	11,6	9,6	6,8	10,9	19,2	12,1
Maximum des Ertrages.....	17,5	14,5	13,3	14,9	27,0	20,3
Minimum des Ertrages.....	1,2	1,3	1,7	7,0	15,0	0,9
Maximal-schwankung des Ertrages.	16,3	13,2	11,6	7,9	12,0	19,4
Desgl. in % des mittl. Ertrages	140 %	138 %	172 %	73 %	63 %	161 %

Ein Vergleich mit der Regenkarte ergibt eine offensichtliche Beziehung zwischen der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge und den mittleren relativen Ernteerträgen, ebenso besteht engster Zusammenhang zwischen den Schwankungen des Ernteertrages und denen der Niederschlagsmengen, wie an einigen Distrikten in Victoria in folgender Tabelle gezeigt ist.

Im Süden und Westen Australiens herrschen Winterregen, z. B. fällt in Südaustralien von der mittleren Jahresmenge von 535 mm 11,2 % von Dezember bis

„Jährliche Ernteerträge (Bushels pro Acre) und Niederschlagsmengen in einzelnen Distrikten Victorias.“

1888—1911	Central-District	Western-District	Mallee-District	Northern-District	Gippsland-District
Mittlerer Ernteertrag	17,0	17,0	7,2	10,8	17,4
Maximalertrag	24,5	22,2	13,9	16,9	24,8
Minimalertrag	8,3	9,4	0,3	1,7	10,0
Maximalschwankg. des Ertrages in % des mittleren Ertrages	95 %	75 %	190 %	141 %	83 %
Mittl. jährl. Niederschlag in mm	746	719	328	468	892
Maximalschwankg. des Niederschlages in % des mittleren jährl. Niederschlages ..	75 %	45 %	135 %	124 %	73 %

Februar und 40,2 % von Juni bis August. Die Abhängigkeit der Weizenerträge von den Winterniederschlägen tritt in allen Weizengebieten hervor, besonders in Südaustralien, wo sich die folgende Beziehung ergibt: Eine höhere oder geringere Regenmenge im Monat April hat in 61 % aller Fälle eine bessere oder schlechtere Weizenernte als im vorhergehenden Jahr zur Folge; für den Niederschlag im April und Mai und in den Monaten April, Mai und Juni gilt dasselbe, jedoch schon in 76 und 78 % aller Fälle; beim Regen während der Monate April bis Oktober erhöht sich der Grad der Übereinstimmung von höherem oder niedrigerem Niederschlag und Ernteertrag gar auf 89 %. Eine an diese Beziehungen geknüpfte Prognose verbessert sich also von Monat zu Monat. — Da es für eine etwaige Prognose der Erträge aus der gefallenen Niederschlagsmenge zu beschwerlich, wenn nicht gar unmöglich ist, die mittleren monatlichen Niederschlagsmengen der einzelnen Monate zu ermitteln, wurden Beziehungen zu einer einzigen Station, und zwar zu Adelaide, gesucht, die als ähnlich der erwähnten gefunden wurden. Die Weizenerträge nehmen mit 62 % Wahrscheinlichkeit gleichzeitig mit dem Aprilniederschlag zu Adelaide gegen das Vorjahr zu oder ab; beim Niederschlag im April und Mai steigt die Wahrscheinlichkeit einer gleichsinnigen Änderung von Regen und Produktion auf 72 %; beim Niederschlag während der Zeit, vom April bis Juni schon auf 74 %, und auf Grund des Regens, der in den Monaten April bis Oktober fällt, erhöht sich der Grad der Wahrscheinlichkeit auf 81 %. — Diese Regel stimmt naturgemäß am besten für Südaustralien, doch besteht auch die Beziehung, daß der Niederschlag zu Adelaide von April bis Oktober und der Weizenernte ganz Australiens immer gleichzeitig über oder unter dem Durchschnitt liegen. Ähnliche Beziehungen gelten auch für die nächst dem Weizen wichtigen Ackerbauprodukte, nämlich Heu und Hafer.

Der Schaf- und Rinderbestand Australiens zeigt offenkundige Abhängigkeit vom Niederschlag, besonders in Neu-Süd-Wales, dem für die Schafzucht wich-

tigsten Staat Australiens, für den sich ergibt, daß reichliche Sommerregen eine Zunahme des Schafbestandes zur Folge haben und umgekehrt; das gleiche ist für die Wollproduktion nachgewiesen, jedenfalls für Neu-Süd-Wales, Victoria, Queensland und Westaustralien, von denen die ersten drei den bei weitem größten Anteil an Exportwolle liefern, nämlich bzw. 44,4, 27,8 und 14,3 %. Ähnlichen Bedingungen ist die Rindviehzucht unterworfen.

Eine Abhängigkeit der Ackerbau- und Viehzuchtproduktion von den Temperaturschwankungen ließ sich nicht nachweisen. Die Untersuchung bestätigt das Urteil von Hann: „Der Wert einer Landfläche ist in Australien völlig abhängig von der Niederschlagsmenge, die sie empfängt; die Temperatur spielt dabei fast keine Rolle, sie ist überall für geeignete Kulturen hoch genug.“

B. Schulz.

Neue Pläne zur Erforschung der Polargebiete. Im Juni 1920 soll eine großzügig geplante British Imperial Antarctic Expedition unter der Leitung von J. L. Cope ihre Ausfahrt antreten. Der Plan geht dahin, das Vorkommen nutzbarer Mineralien zu erforschen und die Wanderungen der Wale näher zu untersuchen, um eine gesicherte Grundlage für eine britische Walindustrie in der Antarktis zu schaffen. Die Basisstation soll in New Harbour auf Süd-Viktorien-Land errichtet werden, während das Schiff „Terra Nova“ den zweiten Winter bei Cap Ann in Enderbyland zubringen wird. Unter Zuhilfenahme von Flugzeugen hofft Cope, von Enderbyland aus die Küste ostwärts bei Wilkes Land, westwärts bis Coats-Land aufnehmen zu können. Später soll dann die pazifische Küstenlinie von Grahamland bis König-Eduard-VII.-Land erforscht und damit der gesamte Umriß des Südpolarkontinents unserer Kenntnis erschlossen werden. Die Expedition wird für eine sechsjährige Dauer ausgerüstet und kann ständig auf funktentelegraphischem Wege mit der übrigen Menschheit in Verbindung bleiben¹⁾.

Noch in diesem Sommer wird die amerikanische Expedition des Kapitäns R. A. Bartlett, eines Begleiters von Peary, in das Nordpolargebiet aufbrechen. Ihre Hauptaufgabe, die sie mit Unterstützung des Aero Club of America durch Verwendung von Flugzeugen zu lösen hofft, ist die Erforschung jenes noch unbekannten Teiles des Nordpolarmeeres zwischen der Beringstraße und dem Nordpol. Das Hauptquartier soll bei Etah an der westgrönländischen Küste in etwa 78½° nördl. Breite, weitere Stützpunkte bei Kap Columbia in Grantland, bei Kap Tscheljuskin, der Nordspitze Asiens, und auf der Wrangelinsel errichtet werden²⁾.

Ein mehr theoretisches Interesse dürfte dem Plan einer deutschen Nordpolexpedition zukommen, den A. Rebitski und W. Geisler soeben veröffentlichen. Sie wollen von Spitzbergen aus mit Flugzeugen die Nordpolarkalotte innerhalb des Parallelkreises von 85° nördl. Breite erforschen. Etappenlager sollen auf dem Eise des Polarmeeres angelegt und die Wege zwischen ihnen durch Ausstreuen von Fuchsinpulver als breite rote Bänder markiert werden. Die topographischen Aufnahmen gedenken die Unternehmer hauptsächlich im Wege des Meßbildverfahrens auszuführen³⁾.

¹⁾ Nature, London 1919, Bd. 103, S. 171.

²⁾ Nature, London 1919, Bd. 103, S. 209.

³⁾ Petermanns Mitteilungen, Gotha 1919, Bd. 65, S. 1—6.

O. Baschin.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 40. (Seite 721—740)

3. Oktober 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Zu den Grundlagen der Röntgen- und Radiumtherapie. Von *Prof. Dr. Max Levy-Dorn, Berlin*. S. 721.

Die statistische Betrachtungsweise in der Physik. Von *Prof. Dr. Philipp Frank, Prag*. (Schluß.) S. 723.

Die künstliche Zerlegung des Stickstoffatoms. S. 729.

Besprechungen:

Wien, W., Neuere Entwicklung der Physik und ihrer Anwendungen. Von *A. Berliner, Berlin*. S. 730.

Zuschriften an die Herausgeber:

Bemerkungen zu den Demolsschen Äußerungen. Von *Wilh. Hoff, Berlin-Adlershof*. S. 732.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Tätigkeit des Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht seit dem Jahre 1914. Über verschiedene Umbildungsreihen in der Entwicklung von Fastebenen. Das isostatische Gleichgewicht der Erdkruste. Die technischen Cumaronharze. Fortschritte in der Chemie der natürlichen Harze. Beitrag zur Kenntnis von organischen Nahrungsstoffen mit spezifischer Wirkung. Die natürliche und erzwungene Glycerinbildung bei der alkoholischen Gärung. S. 735—740.



Die bewährte
Drahflampe

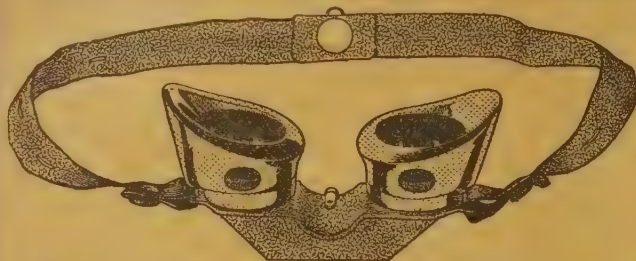
Osram

ZEISS

LUPEN

für

**Naturwissen-
schaftler und
Naturfreunde**



Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

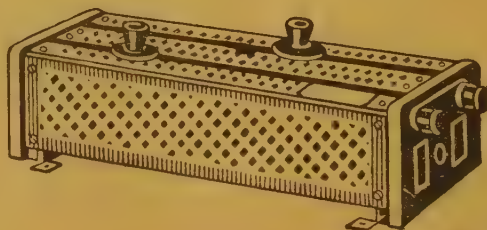
BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Siemens & Halske A.-G.
Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



Schiebewiderstände

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

3. Oktober 1919.

Heft 40.

Zu den Grundlagen der Röntgen- und Radiumtherapie.

Von Prof. Dr. Max Levy-Dorn, Berlin,
Leitender Arzt am Rudolf Virchow-Krankenhaus.

Der günstige Einfluß der Röntgenstrahlen¹⁾ auf zahlreiche krankhafte Zustände, insbesondere auch auf bösartige Geschwülste, ist allgemein anerkannt. Über das Zustandekommen der Wirkung herrscht noch nicht genügende Klarheit oder gehen die Ansichten der Autoren noch weit auseinander.

Die neue Forschung hat große Arbeit aufgewandt, um festzustellen, ob die harten (stark durchdringenden) Strahlen einen stärkeren oder überhaupt anderen Einfluß ausüben als die weichen (weniger durchdringenden) Strahlen. Es wäre möglich und wird sogar von vielen für wahrscheinlich gehalten, daß die Gewebe nur von den Strahlen, die in ihnen absorbiert werden, nicht von den durch sie hindurchgehenden verändert werden. Wenn — was keinem Zweifel unterliegt — harte Strahlen die tiefer liegenden Körperteile stärker beeinflussen als die weichen Strahlen, so erklärt sich diese Tatsache daraus, daß jene in größerer Menge in die Tiefe kommen als diese und dort trotz der *verhältnismäßig* geringen Absorption *absolut* mehr aufgesogen werden. Der Gewinn an absorbierten Strahlen hört natürlich bei einer gewissen Härte auf, d. h. die Durchlässigkeit der Gewebe kann so groß werden, daß trotz des größeren Reichtums an auftretenden Strahlen nur weniger im Gewebe zurückbleiben als bei geringeren Härten. Das Optimum der Härte liegt nach *Christen* bei einer „Halbwertschicht“ von $\frac{7}{10}$; d. h. die günstigste Wirkung wird erreicht, wenn die Härte der Strahlen so gewählt ist, daß die Strahlenmenge durch $\frac{7}{10}$ der Schichtdicke, welche durchdrungen werden muß, auf die Hälfte vermindert wird.

Die Hauptursache, weswegen obige Frage über die Wirkung verschieden harter Strahlen noch nicht einwandfrei entschieden ist, liegt daran, daß wir noch kein Mittel besitzen, die Quantitäten verschieden harter Strahlen auf dasselbe Maß zurückzuführen. Wir können daher auch nicht mit Sicherheit bestimmen, ob wir in einem gegebenen Fall gleiche Mengen harter und weicher Strahlen zur Resorption gebracht haben, wenn wir gleiche Wirkungen sehen. Doch lassen unsere heutigen Erfahrungen innerhalb gewisser

Grenzen bereits ein brauchbares Urteil zu, so daß wir Aussicht haben, in absehbarer Zeit auch über jenen Punkt vollständig Klarheit zu gewinnen.

Die Methoden, mit denen die Energie der Röntgenstrahlen erschlossen werden soll, benutzen zwei grundsätzlich verschiedene Wege. Bei dem einen Verfahren werden alle Faktoren zusammengestellt und gemessen, die für die Erzeugung und Kraft der Strahlen von Wert sind: das sind der die Röntgenröhre erregende elektrische Strom, der Widerstand des Röhreninnern gegen denselben, die Dicke der Glaswand der Röhre, die von den Strahlen durchdrungen wird, gegebenenfalls auch das Material und die Dicke von Filtern, die zwischen Röhre und Objekt liegen, der Abstand des Röhrenfokus vom Objekt. Endlich muß der Röhrentyp berücksichtigt werden, das Material der Antikathode, auf welcher ja die Röntgenstrahlen entstehen, ihr Abstand von der Kathode usw.

Alle genannten Größen lassen sich zwar leicht bestimmen und messen, aber die Abhängigkeit der Ausbeute an Röntgenstrahlen von ihnen ist nicht genau genug bekannt, um ergänzende Dosierungsmethoden überflüssig erscheinen zu lassen. Im Gegensatz zu dem geschilderten sogenannten indirekten Weg, aus den *Ursachen* der Röntgenstrahlen auf ihre Menge und auch Qualität zu schließen, sucht man die *Wirkungen* der Strahlen für denselben Zweck zu verwerten (direkte Dosierungsmethode). Man benutzt heute noch in der Praxis am meisten die Eigenschaft des Baryum-Platin-cyanür — derselben Masse, welche auch zum Belegen von Durchleuchtungsschirmen verwendet wird —, sich unter Einfluß der Strahlen gelbbraun zu verfärben, um aus dem Grade der Färbung einen Rückschluß auf die Stärke der sie hervorrufenden Strahlung zu machen. Sehr beliebt ist für den gleichen Zweck auch die Schwärzung des photographischen Papiers oder die Änderung des elektrischen Widerstandes des Selens durch die Strahlen. Bei allen genannten Testobjekten fällt aber der Grad der Reaktion für verschieden harte Strahlen ungleich aus, so daß sie also nur für gleiche Strahlenhärten ein Urteil zulassen. Die Schwierigkeit wird dadurch noch vermehrt, daß wir in Wahrheit keine einheitlichen Strahlen aus der Röntgenröhre erhalten, sondern inhomogene Strahlenmische.

Der Praktiker, also insbesondere der Röntgenarzt, wäre daher in eine üble Lage gekommen, wenn er es nicht verstanden hätte, sich auf Um-

¹⁾ Dasselbe gilt für die von den radioaktiven Substanzen ausgesandten γ -Strahlen, die ja im Wesen den Röntgenstrahlen gleichen.

wegen zu helfen, denn jeder Heilplan setzt die Möglichkeit einer Dosierung voraus. Der Arzt kann keine Erfahrung sammeln, wenn er nicht weiß, was und wieviel er dem Patienten gab, als er eine gute oder schlechte Wirkung beobachtete. Hierzu ist aber keine genaue Messung, wenigstens nicht in absoluten Maßeinheiten nötig, sondern nur die Fähigkeit geboten, daß man immer dieselben Verhältnisse wiederherzustellen in der Lage ist, unter denen man seine Beobachtungen angestellt hat. Dies ermöglicht die oben beschriebene indirekte Meßmethode, kontrolliert durch eine direkte in einem zwar nicht idealen, aber doch praktisch äußerst wertvollem Maße, besonders wenn man sich des sehr empfindlichen Selen-Intensimeters bedient.

Ein weiterer Fortschritt, von dem auch die endgültige Beantwortung einiger grundlegenden Fragen abhängt, kann aber nur erzielt werden, wenn die Dosierung verfeinert wird, und zwar nicht allein für Laboratoriumsversuche, sondern auch für die mit der Zeit geizende Praxis. Das Problem scheint mit Hilfe der „Luft-Iontometer“ gelöst werden zu sollen. Die atmosphärische Luft wird nämlich wie durch gewisse Lichtstrahlen — so in noch höherem Maße — durch die Röntgenstrahlen leitend gemacht, oder mit anderen Worten ionisiert, was übrigens bereits von Röntgen entdeckt wurde. Nach der modernen Anschauung liegt dem Vorgang eine Abstoßung von Elektronen aus den nicht mehr einfach gedachten Atomen zugrunde. Durch das Wandern der Elektronen wird die Elektrizität fortgeleitet.

Die Iontometer bestehen aus einer abgeschlossenen Luftkammer und einem mit ihr verbundenen sehr empfindlichen Elektrometer. Die Luftkammer kann den verschiedensten Verhältnissen angepaßt werden, und hierin liegt nicht der kleinste Vorteil des Instrumentes. Ein Beispiel möge es zeigen: Wenn die Röntgenstrahlen einen Stoff treffen, so gehen sie zum Teil durch ihn hindurch und werden zum Teil absorbiert. Die absorbierten Strahlen werden aber in nicht unbeträchtlichen Mengen wieder in Strahlen verwandelt, die Sekundärstrahlen genannt werden. Man unterscheidet drei verschiedene Arten Sekundärstrahlen: 1. die Streustrahlen, die den primären Strahlen gleichen und nur diffus in alle Richtungen gehen; 2. die charakteristischen Strahlen, die für jede Substanz charakteristisch sind und nur von primären Strahlen erzeugt werden, die eine etwas größere Härte besitzen als diese; 3. β -Strahlen, also corpusculäre Strahlen, Elektronen. Die Sekundärstrahlen verursachen, daß sich — um einige Schwierigkeiten zu nennen — die Ergebnisse der Messungen mit der Größe der Ionisationskammer und mit dem Material ihrer Wanderungen ändern. Filter, d. h. Stoffe (in der Regel Metalle), die man zwischen Röhre und Objekt bringt, um die weichen Strahlen abzusieben, dürfen nicht nahe an die Ionisationskammer gebracht werden, weil dann die Sekundär-

strahlen der Filter die Ionisation verstärken. In der Luft selbst werden aber verhältnismäßig wenig Sekundärstrahlen gebildet, und darauf beruht der wesentlichste Vorzug, den der Iontometer gegenüber den anderen Dosimetern besitzt. Die vielen Fehlerquellen, welche aber, wie angedeutet, bei seiner Anwendung auftreten können, haben bewirkt, daß sich bewährte Kräfte um seinen weiteren Ausbau bemühen. Einen hervorragenden Platz scheint das Iontoquantimeter von *Walter Friedrich* einzunehmen, berufen, das er im dritten Sonderband der Strahlentherapie in einer gemeinsam mit *Bernhard Krönig* verfaßten bedeutsamen Monographie beschrieben hat: *Physikalische und biologische Grundlagen der Strahlentherapie* (Urban & Schwarzenberg 1918). Mit Hilfe dieses Instrumentes waren die Verfasser in der Lage, wichtige Fragen einwandfreier als bisher möglich zu beantworten und sich an neue Probleme heranzuwagen.

Wir wollen die wichtigsten Ergebnisse mitteilen:

Da die Ionisation der Luft als das einwandfreieste Verfahren zur Bestimmung der Röntgendosis erkannt wurde, verzichteten die Verfasser mit Recht auf eine neue Bezeichnung für die Einheit der Dosis und führten das von *Kohlrausch* erdachte Maß ein, das mit dem kleinen deutschen „e“ ausgedrückt wird. Hiernach ist die Einheit der Dosis diejenige Strahlenmenge, welche in 1 ccm Luft durch Ionisation eine Elektrizitätsmenge von einer elektrostatischen Einheit bei Sättigungsstrom transportiert, wobei unter elektrostatischer Einheit diejenige Elektrizitätsmenge verstanden wird, die einem Leiter von der Kapazität 1 auf die Einheit des Potentials (300 Volt) auflädt. Durch die Sekundärstrahlung der Gewebe des menschlichen Körpers wird die Tiefenwirkung der Röntgenstrahlen ganz wesentlich erhöht, die Tiefendose ist erheblich größer als die bisher übliche Rechnung, welche nur die Streustrahlen (Dispersion) berücksichtigte, ergibt. Die Sekundärstrahlung hat einen bedeutenden Einfluß auf die Verteilung der Dosis innerhalb und außerhalb des Bestrahlungsfeldes. Die Dosis ist im Zentrum desselben am größten und nimmt nach den Rändern zu allmählich ab.

Die Sekundärstrahlung im menschlichen Körper gleicht im wesentlichen derjenigen des Wassers. An den Stellen, wo sie nicht direkt gemessen werden kann, die Dicke der von den Röntgenstrahlen durchsetzten Schichten aber bekannt ist, kann sie daher unter einer entsprechend hohen Wassersäule erschlossen werden. Verfasser haben dafür ein geeignetes Wasserphantom angegeben. Die alten „Dosimeter“, welche Baryum-Platinocyanür und die photographische Schicht als Testobjekt verwenden, sind so unempfindlich, daß die groben Veränderungen, welche durch die Sekundärstrahlen bei verschieden harter Primärstrahlung hervorgerufen werden, durch sie nicht zum Ausdruck kommen. Das Selen-Intensimeter teilt

diesen Fehler nicht und ist daher, falls man nicht gerade verschieden harte Strahlen vergleichen will, gut brauchbar.

Trotz zahlreicher sehr gut und sorgfältig angelegter Versuche ließ sich kein wesentlicher Unterschied zwischen den biologischen Wirkungen weicher und harter Strahlen nachweisen. Beobachtungen, welche auf den ersten Blick für einen stärkeren Einfluß der harten, besonders der γ -Strahlen sprachen, konnten auf Meßfehler bei der Dosierung (Sekundärstrahlung von den Wänden der Ionisationskammer) zurückgeführt werden. Es gilt also der Satz: Die Stärke der biologischen Wirkung ist nur abhängig von der absorbierten Strahlenenergie, unabhängig von der Strahlenqualität. Dagegen spielt hierfür die Intensität der Strahlung wie die zeitliche Verteilung der Dosis eine Rolle. Geringere Intensitäten und verzettelte Dosen verringern den Erfolg.

Die Möglichkeit, die Strahlen für Heilzwecke zu verwenden, beruht auf ihrer sogenannten elektiven Wirkung, d. h. auf der Eigenart, die verschiedenen Gewebe in verschiedenen hohen Dosen zu beeinflussen. Denn da die krankhaften Zustände, die beseitigt werden sollen, in der Regel tief im Körper liegen, müssen von den Strahlen, ehe sie dorthin gelangen, mehr oder weniger gesunde Gewebsschichten durchdrungen werden. Diese erhalten daher mehr Strahlen als die kranken Teile und würden geschädigt werden, wenn sie nicht eine geringere Empfindlichkeit besäßen. Mit Hilfe des Iontquantimeters wurde die Empfindlichkeit für einige Gewebe genau bestimmt, sie betrug in Kohlrauschschen Einheiten „e“ gemessen, bei der menschlichen Haut ungefähr 170, bei dem Eierstock 33, bei Carcinom 150. Natürlich kommen Schwankungen vor; doch es würde zu weit führen, hier näher darauf einzugehen.

In der Medizin lassen sich viele Fragen nur auf experimentellem Wege an geeigneten Lebewesen lösen, da der Mensch unübersichtliche Verhältnisse darbietet, oder man bei ihm auf zufällige Beobachtungen angewiesen ist. Auch die Kenntnis der biologischen Wirkungen der Röntgen- und Gammastrahlen konnte durch brauchbare Testobjekte wesentlich gefördert werden. Man muß von einem solchen verlangen, daß es auf die verabfolgte Dosis mit charakteristischen leicht erkennbaren Formen und Funktionsänderungen antwortet, daß sich die charakteristischen Veränderungen in verschiedener Stärke schon bei geringen Unterschieden der Dosis bemerkbar machen, d. h. das Testobjekt genügend empfindlich ist; endlich daß dasselbe in großer Zahl bei gleicher Abstammung leicht beschaffbar ist, damit das Ergebnis der Versuche durch individuelle Verschiedenheiten nicht verschleiert wird. Alle Bedingungen werden, soweit bisher bekannt, am besten von den Froschlarven (*Rana temporaria* oder *esculenta*) erfüllt. Man bestrahlt den Laich, welcher von einer Froschmutter stammt, in einem gewissen

Entwicklungszustande und beobachtet nun seine weitere Entwicklung. Geeignete Dosen rufen die sogenannte Radium- oder Strahlenkrankheit hervor: Mißbildungen der Larven, die sich in Verkrümmungen und Blasenbildungen, meist am Bauche (Bauchwassersucht) und kleinen Blasen am Kopfe ausprägen. Die Froschlarven entwickeln sich trotz ihrer Verbildung zunächst noch eine Zeitlang weiter und gehen dann mehr oder weniger schnell zugrunde. Die Versuche über den Einfluß verschieden harter Strahlen ließen sich z. B. mit Hilfe dieses Testobjektes am einwandfreiesten durchführen. Ein anderes beliebtes Testobjekt sind die Keimlinge der Saubohnen (*Vicia faba*). Diese zeigen aber eine doppelt geringere Empfindlichkeit wie der Froschlaich, und sind daher weniger zu empfehlen.

Da die Wirkung der verschiedenen Strahlenarten (Licht-, Röntgen-, Radiumstrahlen) in ihrem Wesen gleich erscheinen, liegt es nahe, für alle eine gleiche physikalische Reaktion in den Geweben anzunehmen. Man glaubt diese im Erregen der β -Strahlen (Elektronen, Kathodenstrahlung) gefunden zu haben. Jedenfalls lösen alle Strahlenarten nachweislich im Körper Elektronen aus, und rufen diese andererseits dieselben Wirkungen hervor wie die anders gearteten Strahlungen.

Die statistische Betrachtungsweise in der Physik.

Von Prof. Dr. Philipp Frank, Prag.

(Schluß.)

Im Anfange war die Rede von dem Streben, das allgemein in der Natur herrscht, Unterschiede auszugleichen. Zu diesem Streben haben wir jetzt bei dem Zufall unterworfenen Ereignissen eine gewisse Analogie gefunden. Es ist das aber keine bloße Analogie, sondern wenn man näher zusieht, findet man, daß auch bei diesen Naturgesetzen das Streben zum Ausgleich auf das Wirken des Zufalls zurückzuführen ist. Wir wollen als einfachsten und typischen Fall derartiger Naturerscheinungen die sogenannte „Diffusion“ betrachten. Wenn ein Raum mit einem Gas gefüllt ist, in dem Unterschiede der Dichte vorhanden sind, strömt Gas so lange von den Stellen größerer Dichte zu den Stellen der Verdünnung, bis sich im ganzen Raum eine konstante Dichte hergestellt hat. (Dabei sehen wir von der Wirkung der Schwerkraft ab.) Wenn man Gase verschiedener Beschaffenheit hat, z. B. Luft, in die etwa Leuchtgas ausgeströmt ist, so verteilen sich schließlich beide Gase mit konstanter Dichte im Raum. Man sagt: Ein Gas „diffundiert“ durch das andere, und von den dichteren Stellen diffundiert so lange Gas zu dünneren, bis konstante Dichte für jede einzelne Gasart hergestellt ist. Als Grundgesetz der Diffusion hat man schon lange empirisch festgestellt, daß die Strömung um so rascher erfolgt, je größer an einer

Stelle der Überschuß der Dichte über die der Umgebung ist. Wenn schließlich nahezu die konstante Dichte erreicht ist, die ja nichts anderes ist als die der anfänglichen Verteilung entsprechende mittlere Dichte, so finden, solange noch kleine Dichteunterschiede vorhanden sind, Änderungen der Dichte statt, die um so rascher sind, je größer an der betreffenden Stelle der Überschuß der Dichte über die mittlere Dichte ist. Die Änderungsgeschwindigkeit ist, wie das Grundgesetz der Diffusion besagt, diesem Überschuß proportional. Auch dieses Gesetz ist ganz analog dem Gesetz des Ausgleichs bei statistischen Erscheinungen.

Der erste Grund aber, durch den man dazu geführt wurde, die Diffusion wirklich als eine statistische Erscheinung anzusehen, war die Molekularhypothese. Diese nimmt bekanntlich an, daß ein Gas aus lauter kleinen Teilchen, Molekülen, besteht, die in heftiger Durcheinanderbewegung begriffen sind und sehr häufige Zusammenstöße miteinander und den Wänden des Gefäßes erleiden. Die Erfahrungstatsache, daß jede anfängliche Dichteverteilung schließlich in eine konstante Dichte übergeht, muß dahin gedeutet werden, daß die Moleküle, wie sie auch anfangs verteilt waren, durch die regellosen Zusammenstöße schließlich dahin gebracht werden, daß sie gleichmäßig über den ganzen Raum des Gefäßes verteilt sind. Und wenn dieser Zustand eingetreten ist, kann er durch die Zusammenstöße nicht mehr gestört werden. Da die Wirkung der zahllosen Zusammenstöße im einzelnen nicht verfolgt werden kann, ähnlich wie die Ursachen, die beim Spiel mit den Münzen es bewirken, ob Kopf oder Schrift geworfen wird, liegt es nahe, die Verteilung der Moleküle über den Raum des Gefäßes als ein Ergebnis des Zufalls anzusehen, und zwar die Verteilung in gewissen Zeitpunkten, die in gleichen Abständen aufeinanderfolgen, als das Ergebnis eines Würfelspiels bei aufeinanderfolgenden Würfen. Natürlich haben wir es hier mit Wahrscheinlichkeitsnachwirkung zu tun, da die augenblickliche Verteilung ein gewisses Beharrungsvermögen zeigt, da ja die Teilchen bei jeder Umgruppierung den Widerstand der sich ihnen entgegenstellenden Teilchen zu überwinden haben. Wir wollen aber zunächst von dieser Nachwirkung absehen. Um eine bestimmte Verteilung zahlenmäßig festlegen zu können, denken wir uns den ganzen Raum des Gefäßes in kleine Zellen, k an der Zahl, eingeteilt, die wir uns numeriert denken. Eine Verteilung ist festgelegt, wenn wir angeben, wieviele Moleküle sich in jeder Zelle befinden. Die Zahlen der in der ersten, zweiten, . . . k -ten Zelle befindlichen Moleküle bezeichnen wir mit m_1, m_2, \dots, m_k , die Gesamtzahl der Moleküle sei m . Dann ist

$$m_1 + m_2 + \dots + m_k = m.$$

Ähnlich wie bei den Münzwürfen nehmen wir an, daß es für jedes einzelne Molekül gleichwahrscheinlich ist, in welcher Zelle es sich in einem

bestimmten Zeitpunkt befindet. Denken wir uns nun auch die Moleküle numeriert und dadurch individuell gekennzeichnet, so gibt es für das erste Molekül k Möglichkeiten des Aufenthaltes, für das zweite ebenfalls k , also für beide, wenn wir jede Aufenthaltsmöglichkeit des einen mit jeder des anderen kombinieren, k^2 Möglichkeiten. Bei m Molekülen gibt es dann offenbar k^m Möglichkeiten, wie sie individuell auf die k Zellen aufgeteilt werden können. Bei der Angabe der Verteilung aber, wie wir sie zur Behandlung der Diffusion brauchen, interessiert uns, wie wir gesehen haben, nicht, welche individuellen Moleküle sich in jeder Zelle befinden, sondern nur wieviele. Von diesen k^m Möglichkeiten entsprechen also viele ein und derselben Verteilung, wie sie durch ein Zahlensystem m_1, m_2, \dots, m_k gegeben ist. Wenn wir die Verteilung betrachten, bei der alle Moleküle in Zelle Nr. 1 sind (d. i. $m_1 = m, m_2 = m_3 = \dots = m_k = 0$), so gibt es offenbar eine einzige Art, wie das verwirklicht werden kann, eine einzige unter k^m möglichen. Man überzeugt sich leicht, daß ebenso wie beim Münzenwurf, eine Verteilung auf um so mehr individuelle Arten hergestellt werden kann, je näher sie der gleichförmigen kommt, also der Verteilung

$m_1 = m_2 = \dots = m_k = \frac{m}{k}$. Allgemein läßt sich, wie man durch eine Betrachtung aus der Kombinatorik leicht findet, die Verteilung m_1, m_2, \dots, m_k auf

$$\binom{m}{m_1} \binom{m}{m_2} \dots \binom{m}{m_k}$$

individuelle Arten herstellen. Wenn wir also annehmen, daß die Verteilung der Moleküle in Zeitpunkten, die in gleichen Abständen aufeinanderfolgen, nach den Zufallsgesetzen vor sich geht, als würden die Moleküle einfach in den Raum blindlings ausgestreut, so wird jede Verteilung um so häufiger auftreten, auf je mehr individuelle Arten sie zustande kommt. Am häufigsten wird also Gleichverteilung auftreten und jede Abweichung davon um so seltener, je größer sie ist. Oder wenn wir etwa eine bestimmte Zelle aus dem Gefäß ins Auge fassen,

so wird sie bei den meisten Zählungen gerade $\frac{m}{k}$ Moleküle oder eine benachbarte Zahl enthalten, und jede prozentuelle Abweichung von dieser Zahl wird um so seltener auftreten, je größer sie ist. Nun sind allerdings die einzelnen Zahlen nicht voneinander unabhängig, sie entsprechen nicht den Münzwürfen oder Mädchengeburten, sondern den Spaziergängern vor einem Hause in dem Beispiel von Fürth. Denn je nach der Zähigkeit des Gases brauchen die Teilchen eine größere oder geringere Zeit, um aus der betrachteten Zelle hinauszukommen. Wenn die Zahl der Teilchen innerhalb einer solchen Zelle ein Ergebnis des Zufalls wäre, müßten für sie dieselben Gesetze gelten, wie für die Zahl der Spaziergänger. Nun zeigt die Erfahrung, daß ein Gas sich mit der

Zeit der konstanten Dichteverteilung nähert und dann darin beharrt. Oder anders gesagt: die Zahl der Teilchen in der betrachteten Zelle nähert sich immer mehr der mittleren Zahl $\frac{m}{\bar{k}}$ und bleibt dann konstant. Bei den Spaziergängern aber kommen wohl auch die mittleren Zahlen am häufigsten vor, es treten aber auch immer wieder Abweichungen vom Mittel auf, nur um so seltener, je größer sie sind. Von einem Konstantbleiben der Zahl ist, auch wenn man noch so lange wartet, keine Rede. Es scheint also keine Übereinstimmung zu bestehen.

Nun erinnern wir uns aber, daß wir schon an den Beispielen mit den Münzen und den Mädchenburten gesehen haben, daß große prozentuelle Abweichungen um so seltener auftreten, an je mehr Münzen oder Neugeborenen die Beobachtungen angestellt sind. Dementsprechend werden diese Abweichungen bei der Verteilung eines Gases um so seltener, je mehr Moleküle wir betrachten. Nun werden ja bei der Beobachtung eines Gases die Moleküle nie gezählt, sondern nur aus der Verteilung der Dichte auf die Verteilung der Moleküle geschlossen. In jedem Gasvolumen, dessen Dichte wir feststellen können, sind aber schon ungeheuer viele Moleküle enthalten. Man kann sich davon eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, daß sich in einem cm^3 bei gewöhnlichem Druck und Temperatur etwa 21 Trillionen Moleküle befinden. Es ist also klar, daß irgendwie erhebliche Abweichungen von der mittleren Zahl von Molekülen nur äußerst selten auftreten werden. Was man wirklich als Dichteausgleich beobachtet, ist nur das Folgende:

Wir stellen künstlich einen erheblichen Dichteunterschied her, indem wir in einem Teil des Gefäßes das Gas verdünnen oder verdichten, oder indem wir das Gefäß mit einem, in dem eine andere Dichte herrscht, verbinden. Dann überlassen wir das Gas sich selbst. Das ist so, als würden wir beim Münzenspiel folgendermaßen vorgehen: Ich werfe Trillionen von Münzen in einen Becher und bringe es durch irgendein Kunststück oder indem ich sie einfach so hinlege, zustande, daß fast alle beim Ausschütten des Bechers mit der Kopfseite nach oben liegen. Dann lege ich sie in den Becher zurück, schüttle ihn und werfe die Münzen dann aufs Geratewohl durch planloses Ausschütten auf den Tisch. Es ist klar, daß sofort sich eine ungefähr gleichförmige Verteilung von Kopf- und Schriftwürfen herstellen wird, und daß sich auch nach sehr vielen Versuchen das Ergebnis des ersten „geschwindelten“ Versuches nicht wiederholen wird. Es scheint also auch die gleichmäßige Verteilung, nachdem sie sich einmal hergestellt hat, bestehen zu bleiben. Genau so läßt sich offenbar auch der Dichteausgleich in einem Gase auffassen, wobei noch zu beachten ist, daß zum Anschein der gleichmäßigen Verteilung gar nicht notwendig ist, daß wirklich in jeder Zelle gleich viele Moleküle sind, da sie ja nicht

gezählt werden und der Anschein gleichmäßiger Gasdichte auch noch bestehen bleibt, wenn die absolute Zahl der Moleküle in den einzelnen Zellen erheblich voneinander abweicht. Die Nichtumkehrarbeit des Dichteausgleichs, wie sie sich empirisch ergibt, kann man also auch als statistische Erscheinung auffassen, wenn wir nur daran denken, daß die Molekülzahl sehr groß und der anfängliche Dichteunterschied ein künstlicher war. Auf solchen künstlich hergestellten Dichteunterschieden beruhen aber alle Versuche, aus denen wir die Tatsache des nicht umkehrbaren Dichteausgleiches entnehmen. Man kann also wohl sagen, daß die Erfahrung der Auffassung, das Ausgleichstreben in der Natur sei dem Spiel des Zufalls zuzuschreiben, nicht widerspricht. Man kann aber nicht sagen, daß sie durch die Erfahrung über den Dichteausgleich in Gasen bestätigt wird. Denn wir haben es bei diesen Erfahrungen immer mit solchen statistischen Vorgängen zu tun, die so ausgeartet sind, daß die etwas selteneren Dichteverteilungen ganz verschwinden und von selbst gar nicht mehr auftreten, so daß wesentliche Züge, die für statistische Vorgänge kennzeichnend sind, ganz verwischt werden.

Man könnte aber offenbar die selteneren Zustände, die größeren Abweichungen vom häufigsten Zustand beobachten, wenn man anstatt mit so ungeheuer vielen Molekülen mit einer kleineren Anzahl arbeiten könnte. Wenn bei Verminderung der Zahl von Molekülen der Ausgleichsvorgang seine strenge Einseitigkeit verliert und in jene Form der Erscheinung übergeht, wie wir sie bei den Mädchenburten oder den Spaziergängern beschrieben haben, daß nämlich die ausgeglichenen Zustände wohl am häufigsten auftreten, erhebliche Abweichungen aber auch immer wieder von selbst auftreten, wenn auch verhältnismäßig selten, dann kann man sagen, daß die Erfahrung es geradezu rechtfertigt, den Ausgleichsvorgang als eine statistische Erscheinung anzusehen. Nun sind aber in jedem Volumenteil, dessen Dichte wir überhaupt beobachten können, schon ungeheuer viele Moleküle enthalten, so daß Beobachtungen an einer geringen Anzahl von Molekülen zunächst unmöglich erschienen.

Ein Ausweg zeigte sich erst, als man entdeckte, daß kleine mikroskopisch sichtbare Teilchen von der Größe eines Millionstel-Zentimeters, wie sie z. B. *Ehrenhaft* und seine Schüler bei den bekannten Untersuchungen über die Größe des elektrischen Elementarquantums und über den Lichtdruck verwenden, in einem Gase eine Zickzackbewegung ausführen, ganz wie man sich nach der Molekularhypothese die Bewegung der Gasmoleküle vorstellt. In der Tat kann nach dieser Hypothese der Vorgang kein prinzipiell anderer werden, wenn ein Teil der Moleküle viel größer als die anderen sind, ja selbst wenn sie die mikroskopisch sichtbare Größe erreichen. Ein Schwarm solcher Teilchen muß sich also genau so verhalten wie die Gasmoleküle in einem Raum, nur sind

die Bewegungen der größeren Teilchen weniger lebhaft, weil sie von den kleinen Gasmolekülen beim Zusammenstoß keine so großen Geschwindigkeiten erhalten wie diese Moleküle selbst. Wir können nun sehr leicht in einem Gase einen Volumteil beobachten, in dem sich nur eine kleine Anzahl solcher mikroskopischer Teilchen befindet, die sich, wie man das nennt, in Brownscher Bewegung befinden; so heißt nämlich diese spontane Zickzackbewegung kleiner Teilchen nach ihrem Entdecker, dem Botaniker *Brown*. Von diesem wurde die Bewegung allerdings an Teilchen beobachtet, die in einer Flüssigkeit suspendiert sind, während sie in Gasen erst in neuerer Zeit von *Ehrenhaft* und *Zsigmondy* beobachtet wurde.

Die Versuche, von denen wir hier sprechen wollen, um die Wirkung der Verkleinerung der Teilchenzahl empirisch zu untersuchen, beziehen sich aber auf Brownsche Bewegung in Flüssigkeiten. *Svedberg*¹⁾ hat Versuche angestellt, die eine genaue Analogie zu dem besprochenen Beispiele mit den Spaziergängern sind. Er betrachtet eine kolloidale Goldlösung durch ein Mikroskop, wobei das Gesichtsfeld des Mikroskops so verengt ist, daß die darin befindliche Zahl von Goldteilchen sich mit einem Blick feststellen läßt. Er beobachtet dann in gleichen Zeitabständen 39-mal in der Minute und notiert jedesmal die Zahl der im Gesichtsfeld, also in einem bestimmten Volumenteil befindlichen Goldteilchen. Die Zahlen sind in der Tabelle 4 zusammengestellt. Wenn man sich die Zahlen ansieht, so ist es zunächst ganz deutlich, daß sich keineswegs schließlich eine bestimmte mittlere Teilchenzahl einstellt und erhalten bleibt wie die konstante Dichte bei

Tabelle 4.

1	2	0	0	0	2	0	0	1	3	2	4	1	2	3	1	0	2	1	1	1	1	3	1	1	2
5	1	1	1	0	2	3	3	1	3	3	3	2	2	1	1	1	2	2	4	2	2	1	2	2	6
1	2	2	1	4	2	3	4	5	2	4	1	1	4	1	3	1	1	4	2	3	1	0	0	1	0
0	4	2	1	1	2	3	1	2	3	2	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	1	0
0	1	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	3	2	2	1
0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	3	3	3	1	2	2	0	0	0	2	3
1	2	2	1	0	2	4	0	1	1	1	0	2	1	2	2	2	1	1	2	2	3	1	0	0	0
1	1	0	3	3	1	1	1	0	2	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	3	0	1	1	3	1
2	1	2	1	0	1	0	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0	3	2	2	1	0
2	3	0	2	0	1	2	1	2	1	3	2	1	1	1	0	1	1	0	0	2	3	3	1	2	2
4	2	1	1	0	0	0	1	2	0	3	0	1	0	1	0	0	2	2	1	7	3	4	4	1	0
1	0	1	0	0	2	1	1	2	2	1	1	4	4	4	4	2	1	2	1	1	4	4	0	1	3
2	1	2	3	3	1	4	3	1	3	0	1	1	2	2	1	2	2	1	2	3	3	1	0	1	1
2	1	1	2	2	2	4	1	2	2	3	1	1	1	3	3	2	2	1	3	2	1	1	0	0	0
4	1	0	4	3	2	0	1	2	1	2	0	0	1	1	3	2	2	2	3	1	2	0	0	0	2
3	2	1	2	0	3	3	2	3	3	1	1	1	1	0	0	2	1	0	0	2	2	0	1	3	0
1	1	3	2	1	1	3	1	2	0	0	1	0	1	3	1	4	3	2	2	1	1	2	2	1	1
2	2	3	2	3	4	4	2	2	2	3	0	3	2	1	4	2	1	5	3	2	2	0	0	2	0
2	1	4	2	1	2	3	2	3	2	0	4	3	1	1	2	3	1	2	0	0	3	3	1	4	2
2	3	4	5	2	1	3	4	1	1	0	4	1	2	3	2	2	2	2	0	2	2	1			

Gasen, sondern daß wir es mit fortwährenden sich erneuernden Schwankungen um eine mittlere Zahl zu tun haben, bei der auch beträchtliche prozentuelle Abweichungen vom Mittel immer wieder von selbst auftreten. Da diese Erscheinung prinzipiell mit dem Dichteaussgleich bei Gasen,

wie ihn die Molekularhypothese auffaßt, ganz übereinstimmt, so ist mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß auch im Gase die Nichtumkehrbarkeit des Dichteaussgleiches nur ein Schein ist, der, wie gesagt, durch die ungeheuer große Zahl der Teilchen hervorgerufen wird, wodurch eine künstlich hervorgebrachte Ungleichmäßigkeit sich sofort ausgleicht, während das menschliche Leben zu kurz ist, auf das spontane Auftreten einer nur irgendwie beträchtlichen prozentuellen Abweichung vom ausgeglichenen Zustand zu warten.

Die *Svedbergsche* Zahlenreihe wurde von *Smoluchowski*¹⁾ theoretisch untersucht. Er betrachtet den mittleren Sprung von einer Zahl n aus, wie wir ihn bei den Mädchengeburten und Spaziergängern betrachtet haben. Er findet wieder die Formel (2)²⁾ gut bestätigt. Die Zahlen der Tabelle 4 ergeben $v = 1,55$ und sind mit Gleichung (7)³⁾ am besten in Übereinstimmung zu bringen, wenn $P = 0,726$ gesetzt wird. Es findet also, wenn wir unsere frühere Ausdrucksweise beibehalten, eine Wahrscheinlichkeitsnachwirkung statt. Es ist klar, daß diese ganze Erscheinung vollkommen analog dem Beispiel mit den Spaziergängern ist, und dieses ist ja auch dazu aufgestellt, um die *Smoluchowskischen* Betrachtungen über Diffusion an einem rein statistischen Beispiel zu erläutern. Von *Smoluchowski* wird die Gleichung (7) aber nicht, wie wir es getan haben, aus der ziemlich willkürlichen, in Gleichung (4)⁴⁾ formulierten Annahme über Wahrscheinlichkeitsnachwirkung abgeleitet, sondern durch näheres Eingehen auf den Diffusionsprozeß, wobei ziemlich verwickelte Aufgaben der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu lösen sind, auf die wir deshalb hier nicht näher eingehen können. Es ist aber klar, daß die Gleichung (7) tatsächlich das empirisch ermittelte Grundgesetz der Diffusion enthält, wie wir es schon ausgesprochen haben, und daß der Proportionalitätsfaktor P um so größer ist, je leichter die Diffusion vor sich geht, also je dünnflüssiger die Umgebung der in Brownscher Bewegung begriffenen Teilchen ist. P hängt, wie *Smoluchowski* in seiner Ableitung zeigt, auch wirklich in einfacher Weise mit der Größe zusammen, durch die experimentell die Geschwindigkeit der Diffusion in einer Flüssigkeit gemessen wird. Wir sehen also, daß auch dieser „Diffusionskoeffizient“, also eine physikalische Eigenschaft bestimmter Substanzen, schon in der Größe P , wie sie bei rein statistischen Vorgängen vorkommt, seine Bedeutung hat.

Wenn man die hier dargelegte statistische Auffassung des Ausgleichstrebens in der Natur festhält, wird wohl auch ein Widerspruch ver-

¹⁾ *M. Smoluchowski*, Drei Vorträge über Diffusion, Brownsche Molekularbewegung usw., Phys. Zeitschr., 17. Jahrg. 1916.

²⁾ $\frac{1}{N} (n_1 + n_2 + \dots) = v \dots \dots \dots (2)$

³⁾ $S_n = P(v - n) \dots \dots \dots (7)$

⁴⁾ $v_n = v + q(n - v) \dots \dots \dots (4)$

¹⁾ *Svedberg*, Die Existenz der Moleküle 1912. S. 148.

schwinden, den man oft zwischen der mechanischen Naturerklärung und dem Ausgleichsstreben, wie es die Erfahrung zeigt, gefunden hat. Es war wohl *Loschmidt* der erste, der gesagt hat:

Wenn ein Gas wirklich aus Molekülen besteht, die nach irgendwelchen mechanischen Gesetzen beim Zusammenstoß aufeinander wirken, so ist es unmöglich, zu verstehen, wieso ein Gas, in dem anfangs Dichteunterschiede vorhanden waren, sich schließlich einem Zustande konstanter Dichte nähert und in diesem verharrt. *Loschmidt* betrachtet einen Zustand *A* des Gases, in dem große Dichteunterschiede vorhanden sind. Dieser gehe in einer gewissen Zeit in einen Zustand *B* über, in dem die Dichte konstant ist. In diesem Zustand *B* werden die Gasmoleküle gewisse Lagen und Geschwindigkeiten haben. Im Laufe der vielen zufälligen Zusammenstöße der Gasmoleküle muß ungefähr ebenso oft wie der Zustand *B* ein Zustand *B** auftreten, in dem die Moleküle genau dieselben Lagen und Geschwindigkeitsbeträge haben wie im Zustand *B*, nur daß die Richtungen der Geschwindigkeiten gerade die entgegengesetzten sind. Nun durchläuft bei allen mechanischen Vorgängen ein System, wenn ich die Richtungen der Geschwindigkeiten seiner Teile umkehre, dieselben Zustände wie vorher, nur in umgekehrter Reihenfolge. So wird z. B. ein fallender Stein, wenn ich seine Endgeschwindigkeit gegen aufwärts richte, wieder durch dieselben Geschwindigkeitsgrade und Lagen hinaufsteigen, wie er gefallen ist. Infolgedessen muß auch unser Gas aus dem Zustand *B** wieder in den Zustand *A* zurückkommen, d. h. aus dem Zustand konstanter Dichte *B** in einen Zustand mit großen Dichteunterschieden. In der Erfahrung werden aber solche Übergänge nie beobachtet, sondern nur die von der Art *A* → *B*; folglich ist die Erfahrung mit der Auffassung des Gases als mechanisches System von Molekülen nicht vereinbar. — Dieser Einwand ist auch noch später, besonders von seiten der Energetiker, gegen die molekularkinetische Hypothese ausgenutzt worden. Man sagte, die Mechanik könne die Nichtumkehrbarkeit der Prozesse nicht erklären. Es ist aber sehr einfach, was nach der hier dargelegten statistischen Auffassung darauf zu erwidern ist: Die Nichtumkehrbarkeit ist nur durch die große Zahl von Molekülen *vorgetauscht*. Es kommen tatsächlich Übergänge von ausgeglichenen Zuständen zu großen Dichteunterschieden genau so oft vor, wie die umgekehrten, nämlich beide höchst selten. Daß dem wirklich so ist, sieht man an den Versuchen von *Svedberg* an wenigen mikroskopisch sichtbaren Teilchen, wo man geradezu an der Tabelle 4 nachzählen kann, daß der Übergang z. B. von 5 zu 2 Teilchen ungefähr ebenso oft vorkommt, wie der umgekehrte. Daß wir bei Gasen immer nur die eine Richtung beobachten, rührt, wie schon gesagt, daher, daß wir immer von schon vorhandenen Dichteunterschieden *ausgehen* und nicht warten, bis von selbst einer *entsteht*. Wenn wir aber von ausgeglichenen

nen Zuständen ausgehen, können wir uns nicht diejenigen von der Art *B**, die zu Dichteunterschieden hinführen würden, herausuchen, sondern wir müssen geduldig warten, bis ein solcher auftritt. Während wir die Zustände mit großen Dichteunterschieden leicht erkennen, können wir bei den ausgeglichenen Zuständen die seltenen *B**, die von selbst zu Dichteunterschieden hinführen, von den viel häufigeren nicht unterscheiden, die wieder zu ausgeglichenen führen. Denn wir können die Geschwindigkeiten der Moleküle nicht sehen, und selbst wenn wir sie sehen könnten, würden wir wohl kaum leicht beurteilen können, ob sie einem Zustand von der Art *B** entsprechen oder nicht. Der Schein der Nichtumkehrbarkeit, der Einseitigkeit des Vorganges in der Zeit wird noch dadurch verstärkt, daß wir bei einem Zustand mit großen Dichteunterschieden mit großer Wahrscheinlichkeit, ja praktisch geradezu mit Gewißheit voraussagen können, daß sich das Gas jetzt einem Zustand größerer Ausgeglichenheit nähern wird, während wir bei einem Zustand konstanter Dichte niemals vorhersagen können, daß aus ihm einer mit Dichteunterschieden entstehen wird. Das führt uns aber zu der Frage, wie sich unsere Betrachtungen zu dem allgemeinen Kausalitätsprinzip in der Physik verhalten.

Wenn wir dieses so aussprechen, wie es in der Physik angewendet werden kann, besagt es: Durch den gegenwärtigen Zustand eines abgeschlossenen Systems von Körpern ist sein zukünftiger eindeutig bestimmt, d. h. so oft das System einen Zustand *A* annimmt, folgt ein bestimmter Zustand *B* darauf. Dabei ist „Zustand“ nichts anderes als der Inbegriff aller physikalischen Merkmale des Systems, durch die es beschrieben werden kann. In einem Gase ist der Zustand empirisch-physikalisch bestimmt, wenn ich für alle Teile Temperatur und Dichte kenne. Nun haben wir aber gesehen, daß dadurch die künftigen Zustände nicht eindeutig bestimmt sind. Denn ein Gas konstanter Dichte wird meist in seinem Zustand beharren, manchmal werden aber auch von selbst Dichteunterschiede entstehen. Wenn man also unter Zustand nur den Inbegriff aller *physikalisch meßbaren* Merkmale des Systems versteht, hat das Kausalgesetz keine Gültigkeit. Man muß vielmehr im Sinne der Molekulartheorie auch unbedingt zur Beschreibung des Zustandes die Angabe der Lage und Geschwindigkeit aller Moleküle hinzunehmen, wodurch zwar das Kausalgesetz gerettet, seine wirkliche Anwendung aber unmöglich gemacht wird.

Bei dieser Betrachtung über die Gase ist die Ungültigkeit des Kausalgesetzes im Gebiet der empirisch-physikalischen Zustände allerdings nur theoretisch erschlossen, denn in Wirklichkeit nehmen wir jene spontane Entstehung von Dichteunterschieden nie wahr. Man braucht aber nur zu der Brownschen Bewegung von mikroskopischen Teilchen in Gasen oder Flüssigkeiten über-

zugehen, um die Ungültigkeit des Kausalgesetzes in diesem Sinn ganz drastisch und handgreiflich vor Augen zu sehen. Wenn mir für einen bestimmten Zeitpunkt Lage und Geschwindigkeit aller in einer Flüssigkeit in Brownscher Bewegung befindlichen Teilchen bekannt sind, außerdem noch die Dichte und Temperatur der Flüssigkeit in allen ihren Teilen, so kann ich doch daraus nicht die mindeste Voraussage über die künftige Verteilung der Teilchen machen, auch nicht für die unmittelbar folgenden Zeitpunkte. Nur das von *Smoluchowski* abgeleitete Diffusionsgesetz (Gl. [7]), das aber nur Mittelwerte über längere Zeiträume enthält, läßt sich bestätigen. Aber aus einem gegebenen Zustand A können im nächsten Zeitmoment sehr verschiedene Zustände B hervorgehen. Wenn allerdings auch Lage und Geschwindigkeit aller Moleküle der Flüssigkeit bekannt wären, würde man sehen, daß die empirisch gleich erscheinenden Zustände A in Wirklichkeit sehr verschieden sind, und daß bei dieser molekulartheoretischen Fassung des Zustandsbegriffes das Kausalgesetz wieder erhalten bleibt. Aber im Gebiete der empirisch-physikalischen, der experimentell meßbaren Größen, kann man sagen, gibt es keine Kausalität.

Wenn man das alles bedenkt, gewinnt man einen gewissen Standpunkt gegenüber der oft aufgeworfenen Frage, ob es für das soziale Leben der Menschen, wie es in den Geschichtswissenschaften behandelt wird, ebensolche Gesetze gibt, wie für die Naturerscheinungen. Unter einem historischen Gesetz würde man eine Anweisung verstehen, die uns befähigt, aus dem gegenwärtigen Zustand einer abgeschlossenen Gruppe von Völkern ihr künftiges Schicksal vorherzusagen. Der gegenwärtige Zustand ist im Sinne der historischen Wissenschaften gegeben, wenn wir die politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse, den Volkscharakter usw. kennen. Wir wollen sogar annehmen, daß uns statistische Daten über alles vorliegen, über was man je statistische Tabellen angelegt hat. Wenn wir aus alledem die Zukunft der Völkergruppe nicht vorhersagen können, so gibt es keine historischen Gesetze. Man hat oft gesagt, das Kausalgesetz erfordere das Vorhandensein historischer Gesetze. Das ist aber nicht richtig. Das Kausalgesetz erfordert nur, daß wir die Zukunft einer Völkergruppe vorhersagen können, wenn uns der gegenwärtige Zustand jedes einzelnen Menschen physisch und psychisch *bis in die kleinste Einzelheit* gegeben ist, d. h. es erfordert nur, daß es physiologisch-psychologische Gesetze gibt. Das entspricht dem, daß wir die Zukunft einer Flüssigkeit, in der Teilchen in Brownscher Bewegung begriffen sind, vorhersagen können, wenn wir Lage und Geschwindigkeit aller Moleküle kennen, nicht aber aus den experimentell feststellbaren Eigenschaften der Flüssigkeit. Die Geschichtswissenschaft arbeitet aber mit viel weniger ins einzelne gehenden Merkmalen, sie will Gesetze darüber haben, wie eine Staatsform auf

die andere folgt oder ein Wirtschaftssystem ein anderes ablöst. Eine derartige Gesetzmäßigkeit muß aber durchaus nicht existieren, ebensowenig wie aus der Lage der Brownschen Teilchen in der Flüssigkeit und den physikalisch meßbaren Eigenschaften der Flüssigkeit sich das künftige Schicksal dieses Systems von Körpern vorhersagen läßt. Das Kausalgesetz erfordert also durchaus nicht die Existenz historischer Gesetze. Es könnte ganz gut sein, daß die Merkmale, mit denen der Historiker Völkergruppen beschreibt, prinzipiell nicht ausreichen, das Kausalgesetz zu erfüllen, und daß es keine historische, sondern nur eine individualpsychologische Kausalität gibt.

Wir haben gesehen, daß es auch bei rein physikalischen Erscheinungen nicht immer Gesetze von der Art gibt, daß sie uns gestatten, aus dem empirisch feststellbaren Zustand zu einer bestimmten Zeit die künftigen Zustände vorauszusagen. So war die Zukunft einer Flüssigkeit, in der sich Teilchen in Brownscher Bewegung befinden, erst vorherbestimmt, wenn wir die Lage und Geschwindigkeit aller Flüssigkeitsmoleküle kennen. Nun hat *Tatjana Ehrenfest*¹⁾ einen Gedanken ausgesprochen, mit Hilfe dessen man auch in solchen Fällen Gesetzmäßigkeiten feststellen kann, die nur experimentell meßbare Größen enthalten.

Ein solcher empirisch feststellbarer Zustand zur Zeit t_0 sei etwa Z_0 . Seine Beschreibung besteht darin, daß uns Dichte und Temperatur der Flüssigkeit und die Lage sämtlicher in Brownscher Bewegung begriffenen Teilchen angegeben wird. Es gibt aber sehr viele molekulartheoretische Zustände, nennen wir sie etwa M_1, M_2, M_3, \dots , die diesem Z_0 entsprechen. Um einen solchen molekulartheoretischen Zustand zu beschreiben, muß ich Lage und Geschwindigkeit jedes einzelnen Flüssigkeitsmoleküls angeben. Betrachten wir nun die empirischen Zustände in den in gleichen Abständen aufeinanderfolgenden Zeitpunkten $t_0, t_1, t_2, t_3, \dots$. Aus Z_0 können sich sehr vielerlei empirische Zustände entwickeln, je nachdem, ob hinter Z_0 der molekulare Zustand M_1 oder M_2 oder ein anderer steckte. Wenn wir aber auch den empirischen Zustand zur Zeit t_1 kennen, er heiße etwa Z_1 , so können nicht alle zu Z_0 gehörigen molekularen Zustände zu ihm hinführen. Kennen wir auch noch Z_2 , den empirischen Zustand zur Zeit t_2 , so ist dadurch eine weitere Reihe von molekularen Zuständen für den Zeitpunkt t_0 ausgeschlossen. Wenn wir die empirischen Zustände für eine ganze Reihe von Zeitpunkten t_0, t_1, t_2, \dots kennen, werden wir schließlich zu einem Zeitpunkt kommen, wo wir so viele empirische Zustände kennen, daß nur ein *einziger* von den Z_0 entsprechenden molekularen Zuständen diese Reihe hervorbringen kann. Es sei das im Zeitpunkt t_n der Fall. Dann ist durch Angabe der empirischen Zustände Z_0, Z_1, Z_2, \dots

¹⁾ Berichte der Akademie der Wissenschaften in Amsterdam 1918.

in den Zeitpunkten t_0, t_1, t_2, \dots der molekulare Zustand im Zeitpunkt t_0 und daher die ganze Zukunft des Systems bestimmt. Wenn es also auch kein Gesetz gibt, das erlaubt, aus der Lage der Brownschen Teilchen zur Zeit t_0 ihre zukünftigen Lagen vorauszusagen, so muß es doch ein Gesetz geben, das uns das aus der Kenntnis der Lagen dieser Teilchen während der Zeitstrecke t_0 bis t_n gestattet.

Und diese Art von Voraussagen spielen auch in der Geschichte eine große Rolle. Es ist ganz unmöglich, aus den gegenwärtigen politischen und wirtschaftlichen Zuständen die zukünftigen vorherzusagen. Wenn wir aber diese Zustände durch eine längere Zeitstrecke beobachten, so wird diese Vorhersage viel eher möglich. Man pflegt ja oft zu sagen, wenn man aufgefordert wird, seine Meinung über die nächste Zukunft abzugeben: „Ich muß noch etwas zusehen, wie die Dinge laufen.“

Die künstliche Zerlegung des Stickstoffatoms.

Dem Wunsche der Redaktion der „Naturwissenschaften“ nach einem Bericht über die neueste Arbeit von E. Rutherford, dem es gelungen ist, das Stickstoffatom künstlich in einfachere Bestandteile zu zerlegen, komme ich durch folgende Zeilen nach, die einen Auszug aus dem Nachtrage zu meiner soeben in der „Sammlung Vieweg“ erschienenen Monographie „Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen“ vorstellen. Näheres nebst Literaturangaben ist daselbst zu finden.

Zu seiner grundlegenden Entdeckung ist Rutherford beim Studium des Durchganges von α -Strahlen durch leichte Gase gelangt. Schon früher einmal, nämlich im Jahre 1911, hat das Verhalten der α -Strahlen bei ihrem Durchgang durch Materie zu einer anderen epochemachenden Erkenntnis geführt, nämlich zu der heute allgemein anerkannten Ansicht Rutherfords, daß die positive Elektrizität des Atoms in einem im Vergleich zu den Dimensionen des ganzen Atoms sehr kleinen Kern konzentriert ist. Und zwar waren es die scharfen Knicke, die in Fig. 1 die Bahn eines α -Teilchens in Luft, in Fig. 2 in Wasserstoff erkennen läßt, die Rutherford zu der Idee der Atomkerne geführt hatten. Denn so starke Ablenkungen der mit Geschwindigkeiten von mehreren tausend km/sec fliegenden α -Teilchen bei ihrem Zusammenstoß mit einem einzelnen Atom des durchflogenen Gases sind nur dann zu verstehen, wenn durch eine besonders innige Annäherung des α -Teilchens an innerhalb des Atoms auf sehr kleinen Raum konzentrierte elektrische Ladungen (positive Kerne) enorme elektrostatische Kräfte entstehen können. Rutherford und seine Schüler fanden auf diesem Wege, daß der Radius des Kernes des Goldatoms kleiner als $3 \cdot 10^{-12}$ cm ist, und daß der des α -Teilchens und des Wasserstoffkernes höchstens von der Größenordnung 10^{-13} cm sein kann, während ja der Radius der Atome von der Größenordnung 10^{-8} cm ist.

Nun wird bei einem derartigen innigen Zusammenstoß eines α -Teilchens mit dem Kern eines Atoms nicht nur das α -Teilchen eine Ablenkung von seiner Bahn erleiden, sondern es muß auch das gestoßene Atom in Bewegung gesetzt werden, und zwar wird dieses nach den Gesetzen des elastischen Stoßes eine um so größere

Geschwindigkeit erlangen, je kleiner seine Masse ist. Ganz besonders groß wird deshalb diese Geschwindigkeit werden, wenn ein α -Teilchen in unmittelbare Nähe eines Wasserstoffkernes kommt, etwa beim Durchqueren von Wasserstoffgas. Diese Bewegung der getroffenen Atome ist in Fig. 1, besonders deutlich aber in Fig. 2 zu sehen. Wie C. G. Darwin berechnete, muß die Geschwindigkeit, die ein Wasserstoffkern in dem günstigsten Falle des zentralen Stoßes erlangt, 1,6-mal größer sein als die Geschwindigkeit des auftreffenden, eine vierfache Masse besitzenden α -Teilchens, und die Reichweite eines solchen durch zentralen Stoß entstandenen schnellen H-Teilchens sollte etwa 4-mal größer sein als die des ursprünglichen α -Teilchens.

Daß dies in der Tat zutrifft, hat E. Marsden (1914) gezeigt. Während die Reichweite von α -Teilchen, die

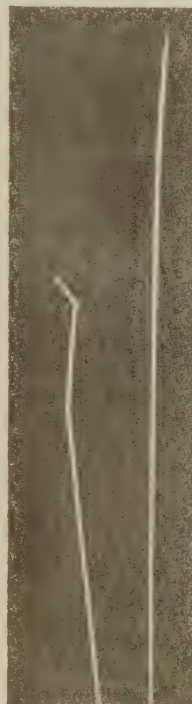


Fig. 1.

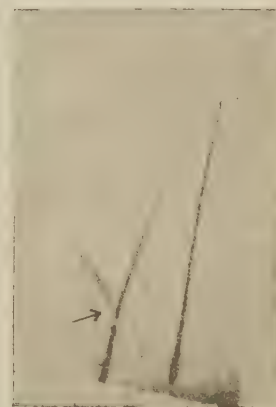


Fig. 2.

aus einem sehr dünnwandigen Röhrchen mit Radiumemanation kamen, im Wasserstoff vom Atmosphärendruck 24 cm betrug, konnten unter diesen Bedingungen noch in einer Entfernung von über 80 cm vom Röhrchen auf einem Zinksulfidschirm Szintillationen beobachtet werden. Daß diese Szintillationen von sehr schnellen H-Kernen, d. h. von einfach positiv geladenen Teilchen von der Masse eins herrühren, wurde in den eben veröffentlichten Versuchen von Rutherford durch Messung der Ablenkung dieser Teilchen im elektrischen und magnetischen Feld bewiesen.

Derartige H-Teilchen mit großer Reichweite beobachteten E. Marsden und W. C. Lantsberry (1915) auch dann, als sie α -Teilchen durch eine sehr dünne Schicht einer wasserstoffhaltigen Substanz, z. B. Wachs, passieren ließen. Um ein solches schnelles H-Teilchen zu erzeugen, muß ja ein α -Teilchen ganz dicht an den Kern eines Wasserstoffatoms herankommen, und dieser erhält dabei einen so mächtigen Stoß, daß er aus dem Atomverband herausfliegt, gleichgültig, ob das Atom an seiner Oberfläche an andere chemisch ge-

bunden war oder nicht. Wie selten übrigens derartige zentrale Zusammenstöße vorkommen, ergibt sich aus der Angabe von Rutherford, daß pro 10^5 α -Teilchen, von denen jedes auf seinem Wege durch 1 cm Wasserstoffgas mit etwa 10^4 Wasserstoffmolekülen zusammenstößt, nur ein H-Teilchen von großer Reichweite entsteht.

Beim näheren Studium dieser Erscheinungen fand nun Rutherford (1919), daß α -Teilchen eines mit Radium C bedeckten Bleches auch auf ihrem Wege durch gut getrocknete Luft, nicht aber in Sauerstoff oder Kohlensäure, solche H-Teilchen mit großer Reichweite erzeugen. Die Versuchsanordnung wurde dabei so getroffen, daß vor dem Zinksulfidschirm der durch einen das betr. Gas enthaltenden Zwischenraum von 3 cm Länge vom Radium C getrennt war, dünne Metallfolien eingeschaltet wurden, deren Dicke so bemessen war, daß sie die α -Teilchen des Radiums C vollkommen aufhielten, die H-Teilchen jedoch noch leicht durchließen.

Rutherford folgerte aus obigen Befunden, daß es nur der Stickstoff der Luft sein konnte, der den beobachteten Effekt hervorrief, und in der Tat wurde bei Verwendung von chemisch-reinem Stickstoff eine um 25 % größere Zahl dieser Szintillationen mit großer Reichweite gefunden, als in Luft. Die Durchdringungsfähigkeit der in Luft oder Stickstoff erhaltenen Teilchen war, ähnlich wie bei den in Wasserstoffgas entstehenden H-Teilchen, bis etwa viermal größer als die Durchdringungsfähigkeit der sie erzeugenden α -Strahlen. Eine so große Wucht können die α -Teilchen nur solchen Partikeln erteilen, die eine beträchtlich kleinere Masse als sie selbst besitzen, und man kann deshalb schwerlich die Schlußfolgerung umgehen, daß es Rutherford gelungen ist, aus dem Kern des Stickstoffatoms mit Hilfe von α -Strahlen leichte Teilchen herauszuschießen, die sich bei näherer Untersuchung wohl als Wasserstoffkerne erweisen werden.

Somit ist durch diese Versuche zum ersten Mal nachgewiesen worden, daß nicht nur die schweren radioaktiven Kerne, sondern auch der zu den leichtesten zählende Stickstoffkern aus einfacheren Bestandteilen aufgebaut ist, und zwar ist es als sehr wahrscheinlich anzusehen, daß der Stickstoffkern mit der Masse 14 aus 3 Heliumkernen von der Masse 4 und 2 Wasserstoffkernen von der Masse 1 besteht. Da die Kerne des Kohlenstoffatoms (Atomgewicht 12,0 = $3 \times 4,0$) und des Sauerstoffatoms (16,0 = $4 \times 4,0$) wahrscheinlich nur aus Heliumkernen aufgebaut sind, versteht man, weshalb weder im Sauerstoffgas noch in Kohlensäure H-Teilchen zu erhalten waren.

Es ist von großem Interesse, daß die Zahl der aus den Stickstoffkernen herausgeschleuderten H-Teilchen etwa 12 mal kleiner ist, als sie bei gleicher Zahl von Zusammenstößen der α -Teilchen mit unverbundenen H-Kernen des Wasserstoffgases erhalten wird. Daraus konnte Rutherford folgern, daß nur etwa 1 pro 10^{10} Zusammenstöße der α -Teilchen mit Stickstoffmolekülen zum Zerfall des Stickstoffatoms führt und daß dazu eine besondere Region dessen Kernes getroffen werden muß. Aus den Versuchen ergibt sich auch, daß der Durchmesser des Stickstoffkernes von der Größenordnung von 10^{-12} cm ist und daß bei günstigem Zusammenstoß eines α -Teilchens mit einem Wasserstoffkern deren Zentren auf eine Entfernung von etwa 3×10^{-13} herankommen können.

K. Fajans, München.

Besprechungen.

Wien, W., *Neuere Entwicklung der Physik und ihrer Anwendungen*. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1919. IV, 116 S. Preis M. 6,—.

Die drei Vorträge über neuere Errungenschaften der Physik, über Physik und Erkenntnistheorie und über Physik und Technik, die Wien im Frühjahr 1918 gehalten hat — den ersten in Riga, den zweiten in Dorpat, den dritten in Reval —, bieten jedem, der Interesse an der Physik nimmt, eine Überfülle von Anregung und Belehrung. Allen denen aber, die die Physik zu ihrem Lebensberufe gemacht haben, bieten sie obendrein eine umfassende Übersicht über das, was sie von der stürmischen Entwicklung ihres eigenen Arbeitsgebietes während der letzten dreißig Jahre zum Teil — oder auch ganz — selber mit angesehen haben. Wien hat freilich keine Unterhaltungsvorträge gehalten, sondern Vorträge, die an wissenschaftliche Beschäftigung gewöhnte Hörer voraussetzen und Sammlung und Mitarbeit beanspruchen, und die beim Hören sicherlich nur denen ganz zugänglich geworden sein werden, die mit dem Gedankenkreise schon vertraut waren. Aber beim Lesen sind sie jedem naturwissenschaftlich Interessierten — natürlich dem einen mehr, dem andern weniger — verständlich, und die Verlagsbuchhandlung hat sich durch die Herausgabe der Vorträge ein großes Verdienst erworben, um so mehr, als das Buch durch die Fülle von Anmerkungen zu jedem einzelnen Vortrage noch wesentlich mehr bietet, als die Vorträge es schon allein tun.

Daß ein Physiker von Wiens Bedeutung, der die Physik der letzten drei Jahrzehnte nicht als bloßer Zuschauer, sondern vor allem als Schaffender und außerdem als Hochschullehrer erlebt hat, ihre Entwicklung besonders anschaulich schildert, bedarf nicht erst eingehender Darlegung. Der erste Vortrag ist eine Geschichte der Physik seit der Mitte der achtziger Jahre im kleinen, die freilich nur die Hauptereignisse schildert, diese aber so eindringlich und so mit Betonung des Wesentlichen, daß keines der jüngeren Semester unter den Physikern sie zu lesen verabsäumen sollte. Gilt das schon von dem ersten Vortrage, so noch viel mehr — wenn auch aus anderen Gründen — von den beiden andern, dem zweiten, um daraus zu lernen, daß der Physiker die Beschäftigung mit der Philosophie nicht nach Belieben pflegen oder vernachlässigen darf, und dem dritten, um für die Bedeutung der Technik eine gerechtere Beurteilung zu gewinnen als die Physiker im allgemeinen haben.

Die Physik hat aus den erkenntnistheoretischen Lehren schon oft großen Nutzen gezogen, aber selbst unter den Forschern haben immer nur einzelne die Grenze zwischen Physik und Philosophie überschritten, und unter den angehenden Physikern werden sich nicht viele aus einem andern Grunde mit ihr beschäftigen, als weil sie zu den vorgeschriebenen Prüfungsfächern der in der philosophischen Fakultät Eingeschriebenen gehört. Diesem meist nur als Last empfundenen Zwange entspricht auch meist der Umfang ihres philosophischen Wissens. Um so wertvoller ist es, daß Wien zeigt, wie notwendig für den wissenschaftlichen Physiker die Beschäftigung mit der Philosophie im allgemeinen und der Erkenntnistheorie im besonderen ist, um auch nur den eigentlichen Sinn einiger Hauptfragen zu erfassen, die sich bei der Entwicklung der Physik während der letzten dreißig Jahre erhoben haben. Wer z. B. zum Verständnis der Relativitätstheorie gelangen will, kann sich der Beschäftigung mit

gewissen erkenntnistheoretischen Fragen gar nicht entziehen. Er muß sich mit den erkenntnistheoretischen Grundlagen der Geometrie und denen der Mechanik vertraut machen und mit der Rolle, die Raum und Zeit dabei spielen; und von der Tiefe, bis zu der er dabei vordringt, hängt es ab, wie weit er die allgemeine Relativitätstheorie und die Gravitationstheorie wirklich versteht. *Wien* selbst macht aus seiner abwartenden Haltung der allgemeinen Relativitätstheorie gegenüber keinen Hehl, aber er stellt auf wenigen Seiten das Wesentliche daran so eindringlich und übersichtlich dar, daß sich jeder, der sich ernsthaft darum bemüht, ein klares Bild nicht nur von ihrem physikalischen Inhalt, sondern auch von ihrer erkenntnistheoretischen Bedeutung verschaffen kann. Von den übrigen den Physiker ganz besonders angehenden Fragen behandelt *Wien* eingehend die erkenntnistheoretischen Grundlagen der statistischen Methoden. Seine Bemerkungen zu der Kontroverse zwischen *Mach* und *Planck* werden viele Physiker erst darüber aufklären, was dieser Meinungsverschiedenheit eigentlich zugrunde lag. Mancher wird sich vielleicht veranlaßt sehen, sich darüber zu unterrichten, was es mit dem Konszientialismus, der Realisierung und dem Satze vom zureichenden Grunde auf sich hat, und mancher sich vielleicht von der Notwendigkeit überzeugen, sich mit der Philosophie überhaupt zu beschäftigen, wenn er *Wiens* eindringliche Darstellung der Bedeutung der Erkenntnistheorie für die Physik — und namentlich für die moderne Physik — liest.

Auch der Vortrag über Physik und Technik ist geeignet, im Sinne einer Revision eingewurzelter Vorurteile zu wirken. Im wesentlichen schildert der Vortrag einige der modernen technischen Errungenschaften, die ohne die Entwicklung der Physik der letzten dreißig Jahre nicht da wären, besonders eingehend die drahtlose Telegraphie mit ihren Methoden und Apparaten, unter diesen letzten z. B. namentlich die Verstärkerröhre, daneben auch zahlreiche andere, anschaulich und leicht verständlich, wenn auch knapp und nur in den Hauptzügen. Aber was dem Vortrage seine besondere Note gibt, das ist das Leitmotiv der Einleitung und des Schlusses: die Klage über den Mangel einer näheren Verbindung zwischen der Technik und der physikalischen Wissenschaft in Deutschland. *Wien* hebt mit Recht hervor, daß es in Amerika anders ist, und erwähnt rühmend das unter *Whitneys* Leitung stehende wissenschaftliche Laboratorium der General Electric Company in Schenectady, an dem ausgezeichnete Physiker wie *Langmuir* und *Coolidge* tätig sind. Und ebenso hat er Recht, wenn er sagt, daß die Untersuchungslaboratorien unserer großen elektrotechnischen Firmen keinen so wissenschaftlichen Charakter haben wie das amerikanische Laboratorium, aus dem zahlreiche rein wissenschaftliche Arbeiten hervorgehen. Aber das allein reicht doch nicht aus, um den Mangel an Verbindung zwischen der Technik und der physikalischen Wissenschaft in Deutschland und das Bestehen dieser Verbindung in den Vereinigten Staaten zu erklären. Der Sinn für die Technik, der technische Geist, ist in Amerika unendlich viel weiter verbreitet und durchdringt den einzelnen dort sehr viel tiefer als bei uns. Zweckmäßighkeitsfragen technischer Natur drängen sich ihm im Alltagsleben viel mehr auf, und für technische Fragen, große oder kleine, interessiert sich daher jeder, um wieviel mehr also der Physiker. Das ist die erste Ursache, die dort eine natürliche Verbindung zwischen dem Physiker und dem Techniker her-

stellt. Und die Techniker, die von dem Physiker gerade das zu nutzen wissen, was ihnen selber fehlt, lassen den Physiker bereitwillig an ihrer Arbeit teilnehmen. Ganz anders bei uns! *Wien* spricht in dem Vortrage über Physik und Erkenntnistheorie von dem Standpunkt mancher Mathematiker, die die theoretische Physik nicht hoch einschätzen, weil immer nur mit Annäherungen gerechnet werde. Ungefähr das ist der Standpunkt der meisten deutschen Physiker der Technik gegenüber. Sie schätzen die Technik nicht nur nicht hoch ein (weil sie vor allem mit der Empirie rechnen), sie schätzen sie überhaupt nicht als Wissenschaft ein, interessieren sich nur ganz ausnahmsweise dafür und sehen es im allgemeinen als ein Heruntersteigen an, wenn ein Physiker „in die Praxis“ geht. Aber sie bedenken dabei nicht, daß es von jedem selber abhängt, wieviel von wirklicher Wissenschaft er in seine Arbeit hineinträgt, und wieviel er einer bestimmten Aufgabe daran abzugewinnen weiß. Und die Techniker bei uns sehen in dem Physiker meist einen unpraktischen Laboratoriumsgelehrten, dessen Mitwirkung ihre Arbeit nicht wesentlich fördern könne, ohne zu bedenken, daß es zum guten Teil von ihnen selber abhängt, wie weit sie seine auf anderem Gebiet liegenden Kenntnisse und Erfahrungen nutzbar machen können.

Man braucht nicht einmal erst auf Amerika zu verweisen, um zu zeigen, wie oberflächlich derlei Anschauungen sind. Es ist doch wohl nicht nur historisch interessant, daß *Fraunhofer* es war, der die technische der Konstruktion vorausgehende Zeichnung eingeführt hat, und daß dies damals ein *völliges Novum* war, und daß es *Abbe* war, der die optische Industrie auf die von aller Welt bewunderte Höhe gebracht, ja eigentlich überhaupt erst geschaffen hat und dabei in der Zusammenarbeit mit *Schott* noch die Glasindustrie in unvergänglicher Weise befruchtet hat. Seine Theorie der optischen Instrumente hat er nur in der Berührung mit der Praxis und gleichsam nebenher geschaffen. Und als die englischen Telegrapheningenieure *William Thomson* zum Vorsitzenden ihrer Vereinigung wählten, da taten sie es nicht nur in der Absicht, ihrer Gesellschaft ein wissenschaftliches Relief zu geben, sondern vor allem aus dankbarer Anerkennung für das, was er ihnen geleistet hatte. Das und ähnliches mögen die Techniker bedenken, und die deutschen Physiker, die der Technik mit mehr oder weniger Gleichgültigkeit — um nicht zu sagen Abneigung — gegenüberstehen, sollten in den Popular Lectures and Adresses die Rede lesen, in der *William Thomson* bei der Übernahme jenes Vorsizes (im Jahre 1874) darüber sprach, wieviel Anregung und Bereicherung die Physik der Technik zu verdanken hat. Bei uns in Deutschland fehlt es an dieser Einsicht.

Die Untersuchungslaboratorien der großen elektrotechnischen Firmen — in Frage kommen nur Siemens & Halske und die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft — haben übrigens an wissenschaftlichen Leistungen tatsächlich sehr viel mehr aufzuweisen, als es dem Draußenstehenden scheint. Wenn sie auch keinen so wissenschaftlichen Charakter haben wie das amerikanische Institut, so beweist doch z. B. eine Arbeit wie die Darstellung des Tantals durch *Bolten*, das man bis dahin fast nur vom Hörensagen kannte, daß der wissenschaftliche Sinn des Siemensschen Laboratoriums und derjenigen, von denen es wirtschaftlich abhängt, ernster Prüfung standhält, und wenn *Emil Rathenau* auch die Wissenschaft nur ehrte, soweit sie nützte, so hat er doch *Nernst* volles Verständnis entgegengebracht zu einer Zeit, als auch der opti-

mischste Amerikaner das dünne Stiftchen, das man mit einem Streichholz anwärmen mußte, und das angeblich eine elektrische Lampe werden sollte, wahrscheinlich als zu wenig aussichtsreich beiseite geschoben haben würde, und er hat große, sogar sehr große Summen zur Entwicklung des Nernstschen Gedankens zur Verfügung gestellt. Manche wertvolle Frucht ist bei der Ausarbeitung der Nernstlampe nebenher gereift und geerntet worden und ebenso bei der Bearbeitung vieler anderer technischer Neuheiten, nur sind sie nicht in der Öffentlichkeit bekannt geworden.

Und hierin, in der Frage der Publikation, liegt ein Stein des Anstoßes, dessen Gewicht man nicht unterschätzen darf. Die Angehörigen des Fabriklaboratoriums und der Fabrik überhaupt dürfen nichts oder so gut wie nichts publizieren, ganz anders als in Amerika, wo man diesen Veröffentlichungen — wenn sie mit dem durch die Fabrikgeheimnisse gebotenen Takt geschehen — mit großer Liberalität gegenübersteht und keine Beeinträchtigung der eigenen Fabrik oder eine Begünstigung einer fremden darin sieht. Hier handelt es sich um eine Frage, die für den Physiker als den Angestellten eines technischen Unternehmens von größter Wichtigkeit ist. Eine große Menge wissenschaftlicher Arbeit, die in den Fabriklaboratorien geleistet werden könnte, unterbleibt bei uns zum guten Teil deswegen, weil die Publikationsmöglichkeit fehlt, und die Unmöglichkeit oder doch die Schwierigkeit, zu publizieren, hält naturgemäß auch die Physiker davon ab, in die Praxis zu gehen, wenn nicht Erwerbsgründe sie dazu zwingen. Andererseits geht durch diesen Mangel der Publikationsmöglichkeit der physikalischen Wissenschaft viel Anregung verloren, die den physikalischen Instituten der Universität und der Technischen Hochschulen wertvoll werden, und die die Physiker schon während ihrer Studienzeit zur Technik in Beziehung bringen würde. Die Beschränkung der Publikationsmöglichkeit verhindert auch das Zustandekommen einer ernst zu nehmenden physikalisch-technischen Literatur von wirklich Zuständigen, weil selber in der Praxis stehenden Verfassern. Daß hier eine Lücke auszufüllen bleibt, kann niemand bestreiten. Die Lehrbücher der Experimentalphysik haben andere Aufgaben zu erfüllen und können die technischen Anwendungen der Physik im besten Falle nur streifen — schon genug, wenn sie das tun, ohne Fehler dabei zu machen. Es ist auch Sache der Techniker, sie auszufüllen, nicht der Physiker, denn ein Physiker, der nicht in der Praxis steht, kann die Bedürfnisse der Praxis gar nicht kennen. Wenn er sich trotzdem an eine solche Aufgabe wagt, kann er immer nur ein ganz unzulängliches Buch schreiben. Die Schaffung einer von wirklich zuständiger Seite kommenden physikalisch-technischen Literatur, die für die Physiker bestimmt ist, würde für die Herstellung der erforderlichen Verbindung zwischen der Technik und der physikalischen Wissenschaft unschätzbare Dienste leisten.

Doch zurück zu Wiens Vorträgen. Eine besonders wertvolle Zugabe der Buchausgabe bilden die Anmerkungen mit ihrer großen Fülle von Literaturangaben, von historischen und sonstigen erläuternden Bemerkungen größeren und kleineren Umfanges und von Exkursen, wie z. B. über Statistik, über die Relativitätstheorie und über die Quantentheorie. So anregend und belehrend die Vorträge selber sind, so sind es auch die Anmerkungen.

Wenn die Vorträge die Verbreitung finden, die sie verdienen, so erscheinen sie bald in einer neuen Auf-

lage. Dann aber hoffentlich vermehrt um einen Vortrag über das, was die Physik der Technik an Anregung und an Unterstützung zu danken hat, ein Thema, das bei weitem noch nicht die gebührende Berücksichtigung gefunden hat und dessen Behandlung viel dazu beitragen kann, die Verbindung zwischen den Physikern und den Technikern zu fördern und zu festigen.

A. Berliner, Berlin.

Zuschriften an die Herausgeber.

Den Demollschen Äußerungen (Heft 27, Seite 480, des laufenden Jahrganges) möchte ich folgende Bemerkungen anschließen:

1. Es lag mir fern den Spatzen als *Typus* aufzufassen, denn mir ist als Beobachter der Natur bekannt, daß der Spatz im Vergleich zu Schwalben oder Möven sehr unbeholfen fliegt. Ich konnte jedoch in meiner vorhergehenden Arbeit nur diesen Vogel zum Vergleich heranziehen, da in den Demollschen Tabellen 1 und 2 für den Spatzen als *einzigsten Vogel* alle Vergleichswerte, nämlich Flügelfläche, Gewicht und Geschwindigkeit vollständig zu finden waren.

2. Demoll glaubt den Nachweis erbringen zu können, daß zwischen der *Flugmechanik* der Insekten mit schnellem Flügelschlag (Schwirrflug), derjenigen der Vögel mit langsamem Flügelschlag und derjenigen der Flugzeuge mit stillstehenden Flügeln *wesentliche* Unterschiede bestehen.

Aus den Demollschen Versuchen geht für mich hervor, wie ich dies schon in meinem ersten Aufsatz sagte, „daß die Insekten ihre Flügel aerodynamisch in ähnlicher Weise ausnutzen wie die Vögel und

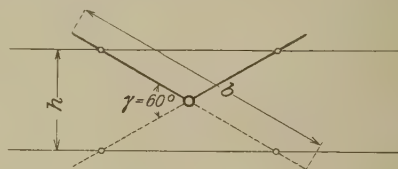


Fig. 1.

Flugzeuge“. Demoll brachte an der erwähnten Stelle neues Material, das zunächst dagegen zu sprechen schien, was jedoch nachher diese Auffassung bestätigt.

Bei der Berechnung der c_a -Werte wurde die *wagerechte* Geschwindigkeit des Tieres zugrunde gelegt. Dies ist jedoch nur so lange angenähert zulässig, als die Länge der Bahnkurve der Flügel von der Flugstrecke nicht wesentlich verschieden ist. Für Tiere mit *kleiner Geschwindigkeit* und *hohem Flügelschlag* lassen sich *Unterschiede* zwischen der *Flügelbahngeschwindigkeit* u msec⁻¹ und der *Fluggeschwindigkeit* v msec⁻¹ feststellen, die von Einfluß auf die Bewertung von c_a sind.

Verfolgt man die Bahnkurve eines Flügels, so erhält man eine Wellenlinie, deren Höhe h (m) von der Spannweite b (m) der Flügel, dem Schlagwinkel γ und der Lage des Auftriebsmittelpunktes auf dem Flügel abhängig ist. Folgende, von der Wirklichkeit voraussichtlich nicht zu weit entfernte Annahmen seien zugrunde gelegt.

In Fig. 1 ist die Ansicht eines Tieres mit schlagenden Flügeln wiedergegeben. Der Schlagwinkel γ ist mit 60° bemessen. Der Auftriebsmittelpunkt ist in $1/6$ Spannweite von der Flügelspitze angenommen. Damit wird

$$h = \frac{b}{3} \dots \dots \dots (1)$$

Da mir ferner Angaben über Flügelbreite¹⁾ und Flügeltiefe nicht zugänglich sind, nehme ich vereinfachend ein Verhältnis dieser beiden Strecken von 4 : 1 an. Hiermit läßt sich die Flügelfläche F (m²) ausdrücken:

$$F = \frac{b^2}{4} = \frac{9}{4} h^2 \dots \dots \dots (2)$$

Da die Werte für F bekannt sind, kann somit geschrieben werden

$$h = \frac{2}{3} \sqrt{F} \dots \dots \dots (3)$$

Welche Gestalt die von den Flügeln beschriebene Wellenlinie besitzt, ist unbekannt. Für die vorliegende Betrachtung wird der Einfachheit halber eine einfache leicht zu rektifizierende Näherungskurve angenommen. Die Flügelbahngeschwindigkeit u zur Fluggeschwindigkeit v lassen sich dann für vorliegende Betrachtung genau genug durch den Ausdruck

$$u = v \left[1 + 4 \left(\frac{h \cdot n}{2 \cdot v} \right)^{1,6} \right] \dots \dots \dots (4)$$

miteinander verbinden, wenn n (sec⁻¹) die sekundliche Anzahl der vollen Flügelschwingungen bedeutet. Die Gleichungen (3) und (4) werden miteinander:

$$u = v \left[1 + 4 \left(\frac{\frac{2}{3} \sqrt{F} \cdot n}{2 \cdot v} \right)^{1,6} \right] \dots \dots \dots (5)$$

$$= v \left[1 + 4 \left(\frac{\sqrt{F} \cdot n}{3 \cdot v} \right)^{1,6} \right]$$

Da für die genaue Berechnung des c_a -Wertes die Geschwindigkeit u an Stelle der Geschwindigkeit v zu treten hat, sind die im früheren Aufsatz gefundenen c_a -Werte um das Verhältnis v^2/u^2 zu reduzieren.

In folgender Tabelle sind für einige Insekten mit schnellem Flügelschlag die Geschwindigkeiten u und mit ihnen die neuen Werte c_a errechnet.

	n sec ⁻¹	F cm ²	v msec ⁻¹	u msec ⁻¹	$\frac{v^2}{u^2}$	c_a alt	c_a neu
Honigbiene	200	0,90	3,7	4,57	0,652	0,871	0,567
Schlammfliege	190	0,66	2,7	3,46	0,608	2,930	1,780
Schmeißfliege	180	1,18	2,7	4,13	0,428	1,205	0,516
Stubenfliege	190	0,31	2,15	2,63	0,668	1,285	0,860

Aus der Tabelle geht hervor, daß durch die Berücksichtigung der wellenförmigen Bewegung der Flügel bei der Berechnung der c_a -Werte diese um fast die Hälfte geringer werden, ein Umstand, der die früher aus dem Bereich der technischen herausfallenden c_a -Werte in diesen zurückführt und die Behauptung unterstützt, daß es nicht statthalt ist, grundsätzliche Unterschiede zwischen der aerodynamischen Ausnutzung der Flügel der Insekten, der Vögel und der Flugzeuge zu machen. Selbstverständlich sollen damit nicht die offensichtlichen Unterschiede, wie Flug mit schnellem, langsamem und fehlendem Flügelschlag gelehnet, doch gesagt werden, daß dieselben aerodynamischen Betrachtungsweisen, die sich beim Flugzeug bewährt haben, bis hinunter zum kleinen Insekt anwendbar zu sein scheinen.

Man mag den vorstehenden Betrachtungen entgegenhalten, daß manche Annahme nicht genügend durch Messung oder Versuch gestützt ist. Hierzu ist zu

¹⁾ Die Ausdrücke „Flügelbreite“ und „Flügeltiefe“ sind in der in der Flugzeugtechnik üblichen Weise gebraucht.

sagen, daß der Schlagwinkel mit 60° gering bemessen ist, wahrscheinlich wird er bis 90° hinaufgehen. Ferner sind das Verhältnis Flügelbreite und Flügeltiefe wie 4 : 1 und die Lage des Auftriebsmittelpunktes in $\frac{1}{6}$ der Flügelbreite von der Flügelspitze nicht zu hoch angenommen. Auch ist die Flügelbahngeschwindigkeit gleichförmig vorausgesetzt, was sie sicher nicht sein wird. Aus allen diesen Einschränkungen dürften größere u^2 und damit noch kleinere Werte von c_a zu erwarten sein. Für die vorliegenden Zwecke genügen jedoch, da es nicht auf absolute, sondern relative Werte ankommt, die erzielten Ergebnisse.

Da die Flügel während ihrer Schlagbewegung zwecks Hervorrufung verschiedener Wirkung beim Auf- und Abschlag von den Tieren gedreht werden, müssen auch die c_a -Werte entsprechend der Änderung der Anstellwinkel wechseln. Die zum Vergleich herangezogenen c_a -Werte stellen deshalb nur einen mittleren Wert dar.

3. Der nicht fachkundige Leser wird es begrüßen, wenn auf den Bereich der technischen c_a -Werte eingegangen wird. Der c_a -Wert wächst mit dem Anstellwinkel von null bis zu Größtwerten, welche bei ausgesuchten Profilen etwa den Wert $c_a = 1,8$ erreichen. Bei Böen, schnellem Übergang in den Gleitflug und anderen Bewegungen kann er sogar negativ werden. Daraus folgt, daß alle mit Benutzung der Demollschen Angaben errechneten c_a -Werte im Bereich der technischen liegen.

4. Demoll führt die sehr geringen c_a -Werte des Mauerseglers und der Möve an.

Diese sind aus folgendem Grunde unwahrscheinlich klein.

In der von Professor Prandtl geleiteten Göttinger Modellversuchsanstalt sind Hunderte von technischen

Flügelprofilen in Modellausführungen auf ihr aerodynamisches Verhalten geprüft worden. Diese Modellflügel sind von derselben Größenordnung wie die Flügel der erwähnten Vögel und sind auch bei den Fluggeschwindigkeiten der Vögel gemessen worden, so daß Unterschiede zwischen Modell- und natürlichem Vogelflügel nur insofern in Frage kommen dürften, als jene künstlich, diese jedoch natürlich glatt sind, was jedoch erfahrungsgemäß einen Vorteil im Luftwiderstand für den Vogelflügel kaum bringen wird.

Jedem Auftriebsbeiwert c_a entspricht ein Widerstandsbeiwert c_w , der durch folgende Formel bestimmt ist:

$$W = \frac{\gamma}{2g} c_w \cdot F \cdot v^2 \dots \dots \dots (6)$$

worin W (kg) den Widerstand der Flügel bedeutet.

Die sekundlich für den Flug aufzubringende Leistung L (kgmsec⁻¹) ist

$$L = W \cdot v = \frac{\gamma}{2g} c_w \cdot F \cdot v^3 \dots \dots \dots (7)$$

Die Formel für den Auftrieb war

$$A = \frac{\gamma}{2g} \cdot c_a \cdot F \cdot v^2 \dots \dots \dots (8)$$

Die Gleichungen (7) und (8) miteinander verbunden, ergeben

$$\frac{A}{L} = \frac{1}{v} \cdot \frac{c_a}{c_w}.$$

Die kleinsten Werte für c_w , die an künstlich hergestellten Flügeln gemessen worden sind, liegen etwa bei

$$c_w = 0,02.$$

In diesen Werten ist jedoch noch kein *schädlicher Widerstand* enthalten, wie er bei einem Vogel durch Rumpf und Schwanzgefieder zum Flügelwiderstand hinzukommt. Dieser technisch kleinste Wert, der zudem nicht gleichzeitig mit dem Bestwert von c_a auftritt, wird für den Mauersegler und die Möve nur in seinem halben Betrage als gültig angenommen, d. h. in anderen Worten, die nicht experimentell festgestellten Widerstände von Möve und Mauersegler werden in bezug auf Luftwiderstand mit Halbwert des günstigsten künstlichen Profils gleichgesetzt. Geschieht dies, so erhält man, wenn für beide Vögel ein mittlerer Wert $c_a = 0,0087$ (vergl. die Demollsche Tabelle Seite 481, oben rechts) und die Geschwindigkeit v gleich 62 msec^{-1} eingesetzt wird

$$\frac{A}{L} = \frac{0,0087}{0,01} \cdot \frac{1}{62} = 0,014 \frac{\text{kg}}{\text{kgmsec}^{-1}};$$

in Worten ausgedrückt: 14 g Tiergewicht leistet im wagerechten Flug 1 kgmsec^{-1} , oder in einem anderen Maßsystem 1,05 kg Tiergewicht leistet 1 PS! Als Vergleich möge dienen, daß man bei den besten Flugzeugen 4 bis 5 kg Gewicht für 1 PS erreicht hat!)

Auf Grund dieser der Technik entnommenen Betrachtungen erscheinen die für den Mauersegler und die Möve gegebenen c_a -Werte viel zu klein.

Vermutlich ist bei Spill die Geschwindigkeit v unrichtig ermittelt worden. 62 m/sec entsprechen 223,2 km/h, einer Geschwindigkeit, die bei Flugzeugen im

1) Zum Vergleich mögen folgende, auf Grund von mir befreundete Seiten zugänglich gemachten Angaben, angestellten Rechnungen dienen:

Ein schwer arbeitender Mensch von etwa 70 kg Körpergewicht verbraucht täglich etwa 4500 bis 5000 Calorien, welche Wärmemenge mit 1 920 000 bis 2 135 000 kgm gleichbedeutend ist. Bei gutem Training und günstigen Bedingungen vermag derselbe einen Nutzen von 25 bis 30 % zu erzielen. Seine tägliche Gesamtarbeit würde demnach 480 000 bis 712 000 kgm betragen und bei einem 8-stündigen Arbeitstag einer Leistung von etwa 16,6 bis 25 kgmsec^{-1}

bzw. $\frac{1}{4,5}$ bis $\frac{1}{3}$ PS entsprechen.

Auf vorliegende Betrachtung angewendet: Mit 315 bis 210 kg Körpergewicht wird 1 PS geleistet.

Diese Beträge sind von rund 250-facher Größe wie diejenigen, welche aus der Leistungsbetrachtung des Mauerseglers bzw. der Möve gewonnen worden sind.

Rechnet man dagegen nach Angaben von A. Pütter, *Vergleichende Physiologie*, Jena, Fischer 1911, S. 479 bis 481, für eine Taube eine ausgezeichnete Leistung von $\frac{L}{A} = 1,7 \frac{\text{kgmsec}^{-1}}{\text{kg}}$ und eine recht hohe Flugge-

schwindigkeit von 20 msec^{-1} (für Möven führt Thienemann, der Leiter der Vogelwarte Rositten, nur etwa 14 msec^{-1} an, vergl. *Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, Königsberg 1910*), so ergibt sich ein Verhältnis $\frac{c_a}{c_w} = \frac{20}{1,7} = 11,8$, welches durchaus im Bereich der technisch möglichen Werte liegt. Mit Pütter würde also eine Taube auf 590 g Tiergewicht 1 kgmsec^{-1} leisten können, während mit Demoll nur etwa der 40. Teil, nämlich 14 g Tiergewicht, für die gleiche Leistung errechnet worden war.

wagerechten Flug sehr selten, sonst nur bei scharfem Gleitflug erzielt worden ist. Sie muß für Vögel viel zu hoch sein, was auch dadurch bestätigt wird, daß mancher Flugzeugführer schon Jagd auf einen König der Lüfte gemacht und diesen eingeholt hat.

Bei den Messungen der Vogelgeschwindigkeiten müssen entweder Fehler durch Nichtberücksichtigung der Windströmung oder durch Nichteinhaltung der Flughöhe gemacht worden sein, Fehlerquellen, gegen die in der Flugtechnik ebenfalls immer wieder angekämpft werden muß, da schon eine schwache Bahnneigung genügt, um erhebliche Geschwindigkeitsunterschiede hervorzurufen.

5. Im letzten Abschnitt berichtet Demoll seine Ausführungen, daß der „segelnde“ Vogel auf der Luft liegt und das Insekt hängt. Demoll sagt in seinem Buch jedoch weiter, „jener (der segelnde Vogel) wird von der Luft getragen durch Vermehrung des Druckes von unten, dieses (das Insekt) wird von der Luft angesaugt durch Verminderung des Druckes von oben“ und gibt eine bildliche Darstellung, in welcher der wesentliche Unterschied erläutert wird. Diesen Schlüssen kann nicht zugestimmt werden.

Aus der am *Standversuch* gewonnenen Beobachtung, daß hinter Schlagflügeln sich ein dem Luftschraubenstrahl ähnlicher Strahl entwickelt, dürfen wir wohl schließen, daß auch im Flug ähnliche Verhältnisse entstehen werden. Bei der Luftschraube in Fahrt fließt aber die Luft nicht mehr von allen Seiten zu, sondern nur noch von vorn und in von vorn geneigten Richtungen. Das würde für das Tier mit Schlagflügeln heißen, daß die Luft beim Fluge gerade aus nicht mehr von oben, sondern ebenfalls von vorn und seitlich vorn zufließt, daß also die Demollsche Abb. 10 a nicht mehr zutrifft. Ich habe in meinem vorigen Aufsatz Versuche angeregt, welche diese Mutmaßung klären würden.

Man wird zu untersuchen haben, inwieweit die Luftzusammenziehung bei Vögeln und Insekten infolge der Schlagbewegung ihrer Flügel die Strömungserscheinungen um die Flügel beeinflusst. Die Vermutung liegt nahe, daß ihr Einfluß nicht größer sein wird als der einer Luftschraube auf die Tragdecken eines Flugzeuges. Dort wird er vernachlässigt. Wahrscheinlich wird aber die Beeinflussung der Strömung bei Tieren mit schnellem Flügelschlag größer sein als diejenige mit langsamem Flügelschlag.

6. Je höher der c_a -Wert liegt, desto näher ist die Grenze der Tragfähigkeit. Trotz der Reduktion der c_a -Werte in Abschnitt 4 behalten die Insekten noch immer hohe c_a -Werte, sie müssen demnach als hochbelastete Flieger angesehen werden.

Die c_a -Werte der Vögel liegen allgemein wesentlich tiefer, was folgt daraus? Sie können ihre Flügel, sofern es die Festigkeit ihres Knochengerüsts zuläßt, wesentlich mehr, als es im wagerechten Flug notwendig ist, belasten. Die engen Kurven der Schwalben und ähnliche Flugbewegungen, bei welchen außer der Schwerkraft beträchtliche Fliehkräfte an den Flügeln aufzunehmen sind, werden dadurch ermöglicht. Erst durch den großen Bereich der ihnen zur Verfügung stehenden Auftriebsmittel werden sie die ausgezeichneten Flieger, als die wir sie kennen.

7. Wenn der Seitenweg eines Flugzeugtechnikern in die Zoologie den Erfolg haben sollte, daß beim Studium des Tierfluges in Zukunft die Aerodynamik voll und ganz zu ihrem Recht kommen wird, würde dies sicher für das gegenseitige Verständnis fördernd sein. Notwendig ist aber dann, daß möglichst viele

Flugbeobachtungen an der Tierwelt mit den neueren Forschungsergebnissen der Aerodynamik verglichen und mit deren Mitteln gedeutet werden.

Berlin-Adlershof, den 28. April 1919.

Dr.-Ing. Wilh. Hoff.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Tätigkeit des Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht seit dem Jahre 1914. Während des Krieges hat der Deutsche Ausschuss für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (Damnu) nur zwei Gesamtsitzungen abgehalten, die erste am 3. Oktober 1914 zu Berlin, die zweite am 22. Mai 1918 zu Göttingen. In der Zwischenzeit fanden wiederholt Sitzungen der geschäftsführenden Kommission statt, deren Ergebnisse in einer Reihe weiter unten anzuführender Schriften niedergelegt sind.

In der ersten Gesamtsitzung, an der auch ein Vertreter des preußischen Unterrichtsministeriums teilnahm, stand als wichtigste Angelegenheit der damals bekannt gegebene Entwurf einer neuen preußischen Prüfungsordnung für Oberlehrer zur Verhandlung. Schon an diesem Entwurf hatte der Damnu durch Vorschläge bezüglich der von ihm vertretenen Lehrfächer in nicht unerheblichem Maße mitgearbeitet. Es handelte sich nunmehr hauptsächlich noch um die Frage, welche Bedeutung den auch vom Damnu empfohlenen Zusatzfächern, der angewandten Mathematik und der Mineralogie nebst Geologie, zuzuerkennen sei. Es wurde befürwortet, daß diese Fächer an Stelle eines Nebenfaches treten sollten, daß also von der Prüfung in einem Nebenfach abgesehen werden könne, wenn der Kandidat in einem Zusatzfach die Prüfung bestehe. Weitere Beschlüsse betrafen die bei verschiedenen Fächern zu erbringenden Nachweise von Hilfskenntnissen und praktischen Fähigkeiten, so des Zeichnens und des numerischen Rechnens für die Mathematik; ferner mineralogischer und geologischer Kenntnisse für die Oberstufe der Lehrbefähigung in Chemie. Weiterer Gegenstand der Beratung war der Anteil der Mathematik und der Naturwissenschaften an der Jugendpflege und an der militärischen Vorbereitung der Jugend. Im Anschluß daran sind von einigen Mitgliedern des Damnu Aufsätze in der Tagespresse veröffentlicht worden.

Die zweite von Mitgliedern nur schwach besuchte Gesamtsitzung in Göttingen fand unter lebhafter Beteiligung von Professoren der Universität statt. Es handelte sich an erster Stelle um die Frage, wie nach dem Kriege der Zustrom der Studierenden zu bewältigen sein werde. Es wurde eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Ebenso brennend war die andere zur Erörterung stehende Frage über die Zukunft des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Während nach den Erfahrungen des Krieges eine erhöhte Wertschätzung unserer Fächer hätte erwartet werden sollen, haben sich im Gegenteil Bestrebungen geltend gemacht, die auf eine Verkürzung dieser Fächer an unseren höheren Schulen hinzielen. Über die demgegenüber zu ergreifenden Maßnahmen wurde eine eingehende Beratung abgehalten, in der die Herren *Poske* und *von Hanstein* über eine auf Naturwissenschaften bezügliche Schrift, Herr *Wagner* über

eine solche bezüglich der Erdkunde nähere Mitteilung machten. Hierbei wurde namentlich auch die Stellung der Geologie an den höheren Schulen erörtert.

Als zweite Folge der Schriften des Damnu sind im Verlag von B. G. Teubner seit dem Jahre 1914 die folgenden erschienen:

Heft 1. *Die Erziehung zur Schule.* Von A. Czerny. 1916 (18 S.). Die Schrift geht davon aus, daß der häuslichen Erziehung die große Aufgabe zufällt, die Kinder für die Schule zweckmäßig vorzubereiten und während der Schulzeit günstig zu beeinflussen. Der Verfasser tritt vom Standpunkt des Mediziners dafür ein, die Kinder nicht in schrankenloser Freiheit aufwachsen zu lassen, sondern sie zur Anpassung an die Bedingungen ihres künftigen Daseins, zur Ausdauer auch bei ihrer spielenden Beschäftigung, zum Pflichtbewußtsein, zum Gemeinschaftssinn zu erziehen, geistige Überbürdung aber zu vermeiden und dafür zu sorgen, daß sie mit freudiger Erwartung und Zuversicht in die Schule eintreten.

Heft 2. *Die Aufgaben der Sexualpädagogik.* Von H. Timerding. 1916 (20 S.). Das Heft gibt einen Bericht über die Verhandlungen einer Gruppe von Medizinern und Schulmännern, die im Ingenieurhause zu Berlin am 6. Mai 1916 stattgefunden hat, und zu der die damaligen Verhandlungen des Herrenhauses über Maßnahmen zur Bekämpfung der sexuellen Mißstände (Antrag v. *Bissing*) den Anlaß gegeben hatten. Es konnte dabei auf Verhandlungen der Unterrichtskommission deutscher Naturforscher und Ärzte aus den Jahren 1905 und 1906 zurückgegriffen werden. Von den Mitgliedern des Ausschusses wurde erneut die Wichtigkeit einer dem abgehenden Schüler zu erteilenden Belehrung betont, womit nicht nur der Biologe, sondern je nach Umständen ein Arzt oder der Direktor der Anstalt zu betrauen sei. In einer Eingabe an den Kultusminister vom 15. Mai 1916 wurde gleichfalls der Wert einer derartigen Einwirkung betont. Auch wurde in den Verhandlungen darauf hingewiesen, wie wichtig ein für alle Schüler verbindlicher biologischer Unterricht in den oberen Klassen auch im Hinblick auf diese Frage, wie überhaupt auf hygienische Unterweisung sein kann.

Heft 3. *Sexuelle Erziehung im Lehrerseminar.* Von P. Brohmer. 1917 (28 S.). In dem vorher erwähnten Antrag v. *Bissing* war auch eine stärkere Berücksichtigung der Sexualpädagogik an den Lehrerseminaren gefordert worden. Der Verfasser der Schrift legt eingehend den vorbereitenden biologischen Unterrichtsstoff dar, geht aber auch auf den Anteil der anderen Lehrfächer an dieser Erziehungsaufgabe ein und betont andererseits mit Entschiedenheit, daß das Wissen allein nicht vor den Gefahren schütze, daß vielmehr grundlegend immer die Festigung des Willens bleiben müsse.

Heft 4. *Der mathematische Unterricht an den höheren Knabenschulen nach dem Kriege.* Von H. E. Timerding. 1918 (22 S.). Den äußeren Anlaß zu dieser Schrift gab eine Reise der Herren Prof. Dr. *Gutzmer* und Oberrealschuldirektor Dr. *Lietzmann* an die Front und nach den Ausbildungsstätten der Armee und Marine zum Studium der Verwendung mathematischer Hilfsmittel bei der Kriegführung. Die Göttinger Vereinigung für angewandte Physik und Mathematik hatte in einer Entschliebung vom 17. November 1917 ihrer Überzeugung von der durch den Krieg erwiesenen Bedeutung der exakt-wissenschaftlichen Fächer und die daraus für das Schulwesen zu ziehenden Folgerungen

zum Ausdruck gebracht. Der Damnu schloß sich in einer „grundsätzlichen Äußerung“ der Entschließung der Göttinger Vereinigung an, indem er als hauptsächlichste Erziehungswerte der Mathematik die logische Schulung, die Ausbildung der räumlichen Anschauung und die Entwicklung des Zahlensinns bezeichnete. Im einzelnen erneuerte er die Forderung, daß an den Gymnasien die Einschränkung der Stundenzahl in den Tertian der Gymnasien wegfallen müsse, und daß an den Realanstalten eine Stunde des bisher wahlfreien Linearzeichnens als pflichtmäßiges geometrisches Zeichnen dem mathematischen Unterricht zuzulegen sei. Der Verfasser knüpft hieran weitere Ausführungen darüber, daß ein gewisses Maß mathematischer Erziehung nicht nur für bestimmte Klassen unseres Volkes, sondern für alle Kreise der Bevölkerung und für alle Stufen der Erziehung von Wert sei. Er verteidigt den mathematischen Unterricht gegen die ihm drohende Gefahr der Zurückdrängung durch andere, namentlich die sogenannten Gesinnungsfächer, lenkt ihn aber andererseits auf die Ausbildung der Grundfähigkeiten zur Erfassung der Wirklichkeit als seine wesentlichste Aufgabe hin und macht seine Wirkung in diesem Sinne davon abhängig, daß ihm die erforderliche Zeit zur Verfügung stehe. Eine besondere Betrachtung widmet er der Frage der Lehrerfortbildung, wofür er u. a. auch die neuerdings ins Leben gerufenen Universitätsbünde herangezogen zu sehen wünscht.

Heft 5. *Der naturwissenschaftliche Unterricht an den höheren Schulen.* Von F. Poske und R. von Hanstein. 1918 (33 S.). Die Schrift behandelt einleitend die Bedeutung der Naturwissenschaften im allgemeinen und ihre Stellung an den höheren Schulen. Sie erblickt die Eigenart des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schulung des Wirklichkeitssinns. Sie gibt der Überzeugung des Deutschen Ausschusses Ausdruck, daß das Übermaß des fremdsprachlichen Unterrichts an den höheren Schulen beseitigt werden müsse, damit dem naturwissenschaftlichen Unterricht zugleich mit dem mathematischen und erdkundlichen die Zeit zur Verfügung gestellt werden könne, deren er zur Erfüllung der wichtigen, ihm im ganzen als Jugenderziehung obliegenden Aufgaben bedürfe. Insbesondere fordert die Schrift von neuem ein bescheidenes Maß chemischer und biologischer Unterweisung auf der Oberstufe des Gymnasiums. Des weiteren bringt die Schrift Ausführungen über den physikalischen, den chemischen und den biologischen Unterricht, wobei auch die Bedeutung der Mineralogie und Geologie gewürdigt wird. In einem Schlußabschnitt wird betont, daß bei aller Pflege der einzelnen naturwissenschaftlichen Fächer doch die Einheit des Gesamtgebiets der Naturforschung nicht verloren gehen dürfe, und daß durch geeignete Gestaltung der Lehrpläne auch hierfür Sorge zu treffen sei. Gestreift wird endlich auch die Frage der Lehrerfortbildung, wofür namentlich praktische Kurse als geeignet anzusehen sind, für die Physiker solche in technischer Mechanik, Lehre von der Wärme, Kraftmaschinen und Elektrotechnik, für den Chemiker in physikalischer Chemie und Technologie, für den Biologen und Geologen Exkursionsübungen. Engere Beziehungen zwischen den Kreisen der Hochschullehrer und der Oberlehrer wurden als überaus wünschenswert bezeichnet.

Heft 6. *Die Stellung der Erdkunde im Rahmen der Allgemeinbildung;* von Paul Wagner. Die im Einverständnis mit Herrn A. Penck verfaßte Schrift legt die Bedeutung der Erdkunde als Bildungsfach dar. Erdkunde sei für ein Volk, das Weltwirtschaft treiben

will, schlechthin unentbehrlich. Sie nehme eine Mittelstellung zwischen Erziehungs- und Geisteswissenschaften ein. Ihr erzieherischer Wert liege einerseits in der Schärfung der Sinne zu besserer Auffassung der Wirklichkeit, andererseits in der politischen Schulung, die sie gewährt. Gefordert wird, daß die erdkundlichen Grundvorstellungen durch Naturanschauung, namentlich durch Exkursionen, erworben werden, daß die Erdkunde in allen Klassen aller Schulgattungen mit 2 Std. betrieben werde, daß sie in der Reifeprüfung genau so wie die Geschichte bewertet werde, und daß sie nur von gründlich ausgebildeten Fachlehrern unterrichtet werde. Auch werden Fortbildungskurse und Gewährung von Urlaub für Studienreisen empfohlen. Schließlich wird von den Zielen des erdkundlichen Unterrichts im Anschlusse an die Beschlüsse der deutschen Geographen-tage eine kurze Übersicht gegeben. —

Über die Stellungnahme des deutschen Ausschusses zu den neuesten Fragen der Unterrichtsreform und der Einheitsschule soll demnächst besonders berichtet werden.

F. Poske.

Über verschiedene Umbildungsreihen in der Entwicklung von Fastebenen. Nach W. M. Davis entwickelt sich die Oberflächengestaltung eines gehobenen Erdrindenstückes mit wenig entwickeltem Relief in der Weise, daß die entstehenden Flußläufe zuerst Schluchten ausnagen, dann dieselben auf Kosten der dazwischen stehenden Landstücke verbreitern, indem die letzteren allmählich in Kämme umgewandelt werden. Nachdem die Landschaft durch ein reifes Stadium starker Oberflächengliederung hindurchgegangen ist, beginnt sie zu altern, die Täler werden flacher, die Kämme immer niedriger, und das Endergebnis ist ein Relief mit sehr geringen Höhenunterschieden, eine „Fastebene“. Solche Fastebenen, die dem unteren Abtragungsniveau entsprechen und also ungefähr im Niveau des Meeresspiegels liegen müssen, können gehoben werden und müssen dann dieselbe Entwicklung noch einmal durchlaufen. Sie werden dabei durch Flußläufe zerschnitten und können sich schließlich nur noch in Streifen und Stücken erhalten, die im weiteren Verlauf des Abtragungsprozesses ganz verloren gehen. Solche gehobenen Fastebenen bilden die Hochflächen unserer Rumpfgebirge, z. B. des Rheinischen Schiefergebirges, des Harzes. Die Davissche Fastebentheorie hat viele Anhänger, aber auch Gegner gefunden. Letztere betonten besonders, daß die unveränderte Lage eines Erdrindenstückes, die notwendig ist, wenn dieser Abtragungsprozeß sich ungestört bis zu seinem Ende auswirken soll, und die durch geologische Epochen hindurch die gleiche bleiben muß, kaum möglich sei. Hebungen und Senkungen seien eine viel zu allgemeine Erscheinung, als daß man die unverrückbar feste Lage einer Landschaft zum Meeresspiegel für so lange Zeiträume annehmen dürfte. Aber die Existenz von Rumpfflächen läßt sich nicht leugnen, und in den meisten Fällen ist es ganz ausgeschlossen, ihre Entstehung auf die abradierende Wirkung eines vordringenden Meeres zurückzuführen. So erscheint den meisten Geologen und Geographen die Davissche Erklärung für die Entstehung der Fastebenen als die beste, womit aber nicht gesagt sein soll, daß sie bereits vollkommen befriedigte. Im Gegenteil, sie bedarf weiterer Ausgestaltung und Vertiefung. Man erkennt dies aufs deutlichste daraus, daß es Albr. Penck gelungen ist, eine sehr wesentliche Schwäche der Davisschen Theorie aufzudecken und nachzuweisen, daß sie einen wichtigen Abschnitt der Oberflächenentwicklung

vollständig übersehen hat: denjenigen, der in die Zeit der Hebung fällt¹⁾.

Davis geht bei seinen Betrachtungen von einer gehobenen Urform aus. Er verfolgt die Umgestaltung einer Landschaft, die am Anfang bereits in einem mehr oder weniger beträchtlichen Niveau über dem Meeresspiegel liegt. Aber er vergißt, daß eine Fastebene nicht gehoben werden kann, ohne daß auch sofort die zerstörenden Kräfte in Tätigkeit treten. Sie warten nicht erst ruhig ab, bis die Hebung ihr Ziel erreicht hat und fangen dann an zu modellieren, sondern sie beginnen sogleich ihr Werk, das darauf hinarbeitet, das Gefälle der Flüsse auszugleichen. Wenn die Hebung aufhört, ist der Erosionsprozeß daher vielleicht schon sehr weit vorgeschritten.

Noch eine weitere bedeutungsvolle Bedingung für den Verlauf und die Art der Abtragung stellt Penck ins rechte Licht: die Intensität und Dauer der Hebung. Es ist durchaus nicht ohne Einfluß auf die Entwicklung der Oberflächenformen, ob die ursprüng-

in scharfen Schneiden mit übersteilen Hängen treffen. Von nun an vergrößert sich der Niveauunterschied zwischen Talsohlen und Kämmen nicht mehr, sondern die Schneiden und Talsohlen bleiben durch einen annähernd gleichen Höhenunterschied getrennt. Die Schneiden wachsen infolgedessen nicht in demselben Maße empor wie das ganze Land, sondern nur in dem Maße wie die Talsohlen, also in geringerem. Wenn dann schließlich die Flüsse, die durch den Fortgang der Hebung zu immer kräftigerer Erosion angeregt werden, die Hebung überwinden, so tragen sie das Land ebenso stark ab, wie es sich hebt: es wird eine obere Erhebungsgrenze erreicht, und die Gipfel und Firste bewahren eine Zeitlang ihre gleiche Höhe; es herrscht Gipfelkonstanz. Hört jetzt die Hebung auf, so schneiden sich die Wasserläufe in den Sockel ein, verbreitern die Talsohlen, stumpfen und runden die Schneiden ab und erzeugen so durch allgemeine Verflachung schließlich die Fastebene. Für den geschilderten Prozeß gibt Penck folgendes Schema:

Ebene	Hebung.			Höhenabnahme.			
	Mit Höhenzunahme.	M. Höhenkonstanz.					
	Riedel	Schneiden	Grenzgipfflur ²⁾	Schneiden	Gerundete	Verflachte	Rumpf
	und	und	und	und	Kämme,	Rücken,	
	Schluchten	Schluchten	Schluchten	Schluchten	Sohlentäler	Flachtäler	

liche Ebene rasch oder langsam, ob sie stark oder schwach gehoben wird, oder ob sogar Perioden schwacher und starker Hebung aufeinander folgen. Weit entfernt davon, dem schematischen Hergang zu entsprechen, den die Davissche Theorie angenommen hat, schlägt der Verlauf der Abtragung vielmehr mannigfaltige und verschlungene Wege ein.

Penck unterscheidet drei Umbildungsreihen, die von einer ursprünglichen Ebene durch Abtragungsformen zu einer Rumpffläche führen.

Die erste ist diejenige, die durch eine starke, lang anhaltende Hebung gekennzeichnet wird. Während derselben schneiden die Wasserläufe rasch ihre Täler ein. Aber sie können sich nicht so schnell einsägen, wie das Land emporsteigt, und ihre Sohlen steigen auf, obwohl sie immer tiefer gelegt werden. Der Niveauunterschied zwischen den Talsohlen und den

Besonders bemerkenswert ist in dieser Entwicklungsreihe das mittlere Stadium, in dem sich die Schneiden längere Zeit hindurch in gleichen Höhen halten. Es fehlt in der zweiten Umbildungsreihe, die durch eine starke Hebung von kurzer Dauer gekennzeichnet ist, bei der sich keine Schneiden ausbilden, sondern die Riedel zwischen den Tälern gleich zugerundet und verflacht werden.

Ist die Hebung endlich sehr langsam, so entwickelt sich ein dritter Typus der Umbildungsreihen. Die Flüsse können bei ihr niemals rasch in die Tiefe arbeiten, sondern können nur breite Täler schaffen, zwischen denen das Land sich verflacht, ohne daß gerundete Riedel entstehen. So ist das einzige Zwischenstadium zwischen Ebene und Rumpf das der verflachten Höhen und Flachtäler.

Das Schema der zweiten Reihe ist:

Ebene	Hebung.		Höhenabnahme.		
	Höhenzunahme.				
	Riedel		Gerundete	Verflachte	Rumpf
	und		Riedel,	Rücken,	
	Schluchten		Sohlentäler	Flachtäler	

Das der dritten:

Ebene	Hebung und bald folgende Konstanz der Höhen.		Höhenabnahme.	
			Verflachte	Rumpf
			Höhen,	
			Flachtäler	

zwischen den Tälern stehenden Riedelflächen wird immer größer. Waren die Täler anfangs Schluchten mit steilen Wänden, so wachsen nun ihre Gehänge nach den Seiten, bis die Flächen zwischen ihnen verschwinden und die Talgehänge der Nachbartäler sich

¹⁾ Albr. Penck, Die Gipfflur der Alpen, Sitzungsber. preuß. Akad. d. Wiss., Berlin 1919, XVII, S. 256 bis 268.

²⁾ D. h. der oberen Erhebungsgrenze entsprechende gleiche Höhe der Gipfel und Firste, durch welche letztere man sich eine leicht gewellte Ebene (Flur) gelegt denken kann.

Penck hat die neugewonnene Erkenntnis zunächst auf die Alpen angewandt. Ihre Gipfel zeigen in größeren Abschnitten des Gebirges annähernd gleiche Höhe, eine Erscheinung, die u. a. auch so gedeutet worden ist, daß die „Gipfflur“ von einer gehobenen alten Fastebene ererbte sei. Sie erklärt sich nun als mittleres Stadium einer der ersten Umbildungsreihen entsprechenden Entwicklung. Doch sprechen die kleinen, schwach geneigten Flächenstücke, die in den höheren Gebirgsteilen auftreten, dafür, daß die Alpen zuerst langsam gehoben wurden und erst nachher eine rasche, intensive Hebung eintrat. So bildeten sich

zuerst gerundete Formen aus und später die scharfen, ein Fall, den die alte Davissche Theorie gar nicht berücksichtigte. Zweifellos werden die durch *Penck* gewonnenen neuen Gesichtspunkte sehr befruchtend auf die wissenschaftliche Betrachtung der Oberflächenformen der Erde wirken. *Otto Wilckens.*

Das isostatische Gleichgewicht der Erdkruste. Schon 1869 hatte *J. H. Pratt* auf Grund von Schwere-messungen in Indien den Satz aufgestellt, daß sich die Kontinente und Gebirge durch geringere, die Ozeanböden durch größere Dichte auszeichnen, so daß zwischen beiden eine Art Gleichgewicht bestehe, die er als Isostasie bezeichnete.

Diese Prattische Hypothese ist inzwischen durch zahlreiche Schweremessungen in vielen Ländern und auf den Ozeanen im allgemeinen als richtig bestätigt worden, doch hat sich herausgestellt, daß im einzelnen zahlreiche Ausnahmen vorkommen, die demnach als Unvollkommenheiten des Gleichgewichtszustandes aufzufassen sind. Solche Unvollkommenheiten sind teils lokal, teils aber regionaler Natur, und das Studium der letzteren ist natürlich besonders geeignet, unsere Kenntnis von dem Bau der Erdkruste zu erweitern. In den letzten Jahren seines Lebens hat sich *F. R. Helmert* eingehend mit diesen Problemen beschäftigt und gezeigt, daß man die Tiefe der sogenannten Ausgleichsfläche, in welcher die Dichteunterschiede verschwinden, aus den Störungen der Schwerkraftbeschleunigung an den Steilküsten der Ozeane berechnen könne¹⁾. Er hat dann die Tiefe der Ausgleichsfläche zu 118 ± 22 km berechnet und gezeigt, daß die Schwerestörung vom Innern des Kontinents her mit Beschleunigung zunimmt bis zur Küste, wo ein Maximum eintritt und die Kurve eine Brechung erfährt. Bei Entfernung von der Küste auf das Meer hinaus sinkt die Kurve ziemlich geradlinig und strebt einem negativen Maximum zu, das beim Übergang der untermeerischen Kontinentalabdachung zur eigentlichen Tiefsee erreicht wird, worauf die Kurve in rascher Wendung wieder zu steigen beginnt, so daß die negativen Werte der Schwerestörung sich mehr und mehr verkleinern²⁾.

Die Schwerestörungen erklären sich zum Teil durch die der orographischen Gestaltung entsprechenden Höhenstörungen der Massenlagerung, zum Teil sind Unvollkommenheiten im Gleichgewichtszustande anzunehmen, und es erschien daher wünschenswert zu untersuchen, ob generell an den Küsten eine Massenlagerung vorhanden ist, die mit der Prattischen Hypothese einer gleichmäßigen Verteilung der Kompensationsmassen nach der Tiefe in Einklang steht. Es wurde daher im Geodätischen Institut zu Potsdam eine isostatische Reduktion der Schweremessungen an sämtlichen Küstenstationen in Angriff genommen, eine Arbeit, die jedoch infolge des Krieges sowie aus anderen Gründen noch nicht fertiggestellt werden konnte. Da es fraglich ist, ob und wann die Untersuchung zu Ende geführt werden kann, so ist es mit Dank zu begrüßen,

daß *O. Meißner* jetzt wenigstens die bisher erzielten Ergebnisse der Öffentlichkeit unterbreitet¹⁾. Das bearbeitete Material umfaßt 19 Stationen der afrikanischen Küste, 1 im Mittelländischen Meer, 3 an der süd-amerikanischen Ostküste, 1 an der nordamerikanischen Westküste, 2 in Japan, 2 in Indien, 4 im Stillen Ozean, 2 im Südpolargebiet.

Trotz aller Unsicherheiten infolge der großen Mangel- und Lückenhaftigkeit des zugrunde liegenden Materials und trotz der geringen Anzahl von Stationen, die zur Verfügung standen, darf das folgende Ergebnis als in den Hauptzügen gesichert angesehen werden:

Beim „atlantischen Küstentypus“ herrscht im allgemeinen Isostasie. Die Ausgleichsfläche liegt aber nicht überall gleich tief, ihre Änderung von Ort zu Ort erfolgt jedoch langsam und systematisch. Örtliche Ausnahmen kommen natürlich vor.

Beim „pazifischen“, durch schroffe Höhenunterschiede zwischen Land und Meer charakterisierten Küstentypus ist keine isostatische Ausgleichung vorhanden. Daß aber eine solche angestrebt wird, zeigen die regelmäßig mit diesem Küstentypus verknüpften vulkanischen und seismischen Erscheinungen. Hieran ändert auch die Tatsache nichts, daß die Vulkane oft relativ weit ab von der zugehörigen Küste liegen. Denn die Isostasie ist nur für Schollen von wenigstens 100 km Längenausdehnung vorhanden. Kleinere Mängel der Kompensation läßt die Erdkruste vermöge ihrer Festigkeit als solche bestehen; ein Beispiel dafür bildet, wie schon seit langem bekannt, der Harz.

Daß die Ergebnisse der Erdbebenforschung sich mit der Lehre von der Isostasie in Übereinstimmung befinden, zeigen die Messungen von *O. Hecker* bei jener östlich der Tonga-Inseln gelegenen, langgestreckten Meerestiefe von mehr als 8000 m, die man auf einen grabenförmigen Einbruch des Meeresbodens zurückführt. Für die durch den Einbruch verdrängten Massen ist noch kein Ersatz geschaffen, und Seebeben, die hier ihren Ausgang haben, deuten darauf hin, daß die tektonischen Verschiebungen der Erdkruste in der Tiefe des Tongagrabens noch nicht zum Abschluß gelangt sind.

O. Baschin.

Die technischen Cumaronharze. Die Bedeutung des Cumaronharzes für die Industrie wird in einem größeren Artikel von Prof. *Marcusson* gewürdigt. Das Verdienst der Entdeckung des Cumaronharzes gebührt *Krämer* und *Spilker*, die es aus Cumaron, dem bei $173-174^{\circ}$ C siedenden Bestandteil der Solventnaphtha, durch Behandlung mit konz. Schwefelsäure darstellten. Der Kriegsausschuß für Öle und Fette unterscheidet 30 verschiedene Marken und 4 verschiedene cumaronharzhaltige Rückstände, und zwar springharte, harte, mittelharte, weiche, zähflüssige und flüssige Harze. Die einzelnen Konsistenzstufen werden weiterhin als hell, hellbraun, braun, dunkel und schwarz unterschieden. Die im Handel vorkommenden Sorten des Cumaronharzes lösen sich leicht in Benzol und seinen Homologen, Schwerbenzol und Solventnaphtha auf, ebenso sind Aceton, Trichloräthylen, Tetrachlorkohlenstoff, Chloroform und Terpentinöl gute Lösungsmittel. Die Hauptverwendung des Cumaronharzes erfolgt in der

¹⁾ Unvollkommenheiten im Gleichgewichtszustande der Erdkruste. Von *F. R. Helmert*. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Physik.-math. Klasse, Berlin, 1908, S. 1058—1068.

²⁾ Die Tiefe der Ausgleichsfläche bei der Prattischen Hypothese für das Gleichgewicht der Erdkruste und der Verlauf der Schwerestörung vom Innern der Kontinente und Ozeane nach den Küsten. Von *F. R. Helmert*. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Physik.-mathem. Klasse, Berlin, 1909, S. 1192—1198.

¹⁾ Isostatische Reduktion von 34 Stationen, ausgeführt im Geodätischen Institut, von *† E. Hübner* und *O. Meißner*, bearbeitet von *O. Meißner*. Astronomische Nachrichten, Kiel, 1918, Bd. 207, Nr. 4967, Spalte 273—282.

Industrie der Lacke und Anstrichmittel; dabei kommt es darauf an, daß die zu erzielenden Anstriche klebfrei eintrocknen. Von den beiden Hauptbestandteilen des Cumaronharzes, dem Paracumaron und Paräinden, vermag nur das letztere Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen. Das Ergebnis des Anstriches und der Trocknung ist von der Art des Cumaronharzes, seiner Härte und seinem Ölgehalt abhängig. Als Nachteil der Cumaronharzanstriche gilt ihre verhältnismäßig geringe Elastizität und Wetterbeständigkeit sowie der Umstand, daß selbst bei völligem Trocknen die Farbschicht durch einen zweiten Anstrich wieder aufgeweicht wird. Nächste der Industrie der Lacke und Anstrichmittel verbraucht die Druckfarbenindustrie erhebliche Mengen Cumaronharz. Das dritte Gebiet des Cumaronharzes ist die Papierindustrie. Es wäre wertvoll, wenn sich das Cumaronharz verseifen ließe, um es dann in gleicher Weise wie Colophonium für die Papierindustrie zu verwenden. Die gewünschte Verseifung hat sich selbst bei tiefeingreifender chemischer Einwirkung nicht erzielen lassen. In der Papierindustrie erfolgt die Verwendung des Cumaronharzes in der Weise, daß man es durch tierischen Leim oder etwas Harzseife in eine Emulsion überführt und diese zur Leimung des Papiers verwendet. Für die analytische Beurteilung des Cumaronharzes kommen zwei verschiedene Gesichtspunkte in Betracht: 1. Die Feststellung seiner Unverfälschtheit, 2. ob es frei von schädlichen Bestandteilen, zum Beispiel Schwefelsäure und deren Verbindungen, ist. Besonders ist bei solchen Untersuchungen darauf zu achten, daß dem dunkeln Cumaronharz pechartige Destillationsrückstände beigegeben werden. Als einfachste Vorprobe, ob dies der Fall ist, gilt die Löslichkeit der Probe in Aceton; darin lösen sich alle Cumaronharze, aber nicht die Peche. Cumaronharz dreht nicht die Polarisationsebene, während dies bei natürlichen Harzen der Fall ist. Letztere schmelzen höher als Cumaronharz, haben höhere Säure-, Verseifungs- und Jodzahlen. Ist die Unverfälschtheit des Cumaronharzes erwiesen, so ist noch festzustellen, welche Marke vorliegt. Hierzu dienen die Vorschriften des Kriegsausschusses über die Bestimmung des Erweichungspunktes, der Zähigkeit und der Farbe. Neben der Konsistenz des Cumaronharzes ist auch die Farbe für die Bewertung von Bedeutung. Vielfach wird darüber Klage geführt, daß die geringwertigen Cumaronharzsorten bei Verwendung zu Metallanstrichen nicht nur nicht rostschützend, sondern im Gegenteil rostfördernd wirken. Als eine unangenehm empfundene Tatsache wird von der Industrie die Mannigfaltigkeit der Cumaronharzmarken bezeichnet. Es wurde daher vom Prof. M. versucht, die Frage zu klären, worauf das Vorkommen so zahlreicher Marken zurückzuführen ist. Zur Beantwortung dieser Frage hat er eingehende Untersuchungen der verschiedenen Marken vorgenommen, wobei er geeignete Untersuchungsverfahren zuerst ausbilden mußte. Als Ergebnis derselben sind erkannt worden: In Aceton schwerlösliche Säureharze, in Aceton lösliche Harze, die teils im Alkohol schwer, teils leichter löslich sind, endlich gegen Schwefelsäure beständige und unbeständige Öle sowie Mineralstoffe, hauptsächlich Natriumsulfat. Nach der von Prof. M. durchgeführten Ermittlung der Zusammensetzung der Cumaronharze läßt sich ermesen, auf welchem Wege eine Verbesserung des Materials und eine Beschränkung der zahlreichen Cumaronharzmarken erreicht werden kann. Vor allem müßte versucht werden, die bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf das Teerdestillat entstehenden Säure-

harze möglichst vollständig zu entfernen, da sie den Wert des Cumaronharzes stark beeinflussen. Wichtig ist auch, daß ein Übergang von öligen Stoffen in das Cumaronharz vermieden wird, indem man nur die zwischen 160 und 180 ° C siedende, Cumaron und Inden enthaltende Solventnaphthafraktion auf Cumaronharz verarbeitet und die mit Schwefelsäure nicht in Reaktion tretenden Anteile durch Behandeln mit Wasserdampf abtreibt. Auf diese Weise würden die minderwertigen flüssigen Marken, welche viel Öl aber wenig Cumaronharz enthalten, verschwinden. Ein erheblicher Mangel der Cumaronharze liegt darin, daß der Schmelzpunkt selbst der besten Marken nicht über 65 ° C hinausgeht. Es hat nicht an Versuchen zur Erhöhung des Schmelzpunktes gefehlt. Man kann helle Cumaronharze vom Schmelzpunkt 160 ° C gewinnen, wenn die Polymerisation des im Harze enthaltenen Cumarons und Indens nicht wie gegenwärtig mittels Schwefelsäure, sondern durch Metallsalze vorgenommen wird. Gelingt dieses Verfahren der Industrie, so wird die Verwendung des Cumaronharzes in der Lackindustrie gesichert sein, was vom volkswirtschaftlichen Standpunkte sehr erwünscht wäre, da Cumaronharz aus einheimischen Rohstoffen in großen Mengen erzeugt werden kann. (Chemiker-Zeitung 1919, 43. Jahrg., Nr. 23/24, 28, 31.)
E. Weinurm.

Fortschritte in der Chemie der natürlichen Harze.

Durch die Kriegsverhältnisse bedingt, hat die Gewinnung künstlicher oder synthetischer Harze eine schnelle Entwicklung durchgemacht. Die erhaltenen Produkte sind, soviel man weiß, den natürlichen Harzen nur in den physikalischen Eigenschaften ähnlich. Hinsichtlich der chemischen Konstitution fehlt allerdings die Möglichkeit eines sicheren Vergleichs, da die natürlichen Harze noch sehr unvollkommen in dieser Richtung erforscht sind. Immerhin sind doch, trotz der Ungunst der Zeit, auch auf diesem Gebiete, einem der schwierigsten der Pflanzenchemie, eine Reihe nennenswerter Fortschritte in den letzten Jahren erzielt worden. Vor allem sei die Aufklärung der Konstitution der Guajacharzsäure durch G. Schröder, Lichtenstadt und Ireneu (Berichte d. Deutsch. chem. Ges. 51, 1587, 1918) genannt. Sie ist ein echtes Benzolderivat, keine Carbonsäure, weshalb die Bezeichnung Guajacresinol vorzuziehen ist. Beim pyrogenen Abbau geht es leicht in Naphthalinderivate über. Damit ist die erste natürliche Harzsubstanz in ihrem Chemismus erkannt worden. Während eine Anzahl der von Tschirch als Resinole bezeichneten Harzsubstanzen tatsächlich aromatische Phenole gleich dem Guajacresinol sein dürften, erwiesen sich die Resinole der Siam- und der Sumatrabenzoe als Harzsäuren (Carbonsäuren). Sie werden daher nicht mehr Sia- bzw. Sumaresinol, sondern Siarésinolsäure und Sumaresinolsäure genannt (Zinke und Lieb, Monatsh. f. Chem. 39, 95, 219, 627; 1918). Über die Konstitution der technisch wichtigsten Harzsäure, der Abietinsäure und ihrer nächsten Verwandten liegen keine namhaften Fortschritte vor. M. Henze (1916) glaubte Abietinsäure und Pimarsäure im Styrax nachgewiesen zu haben und zog daraus weitere physiologische Schlüsse. Nach Tschirch (Schweiz. Apoth.-Zeitung 1919) handelte es sich offenbar um ein durch Coniferenterpentin verfälschtes Handelsprodukt. Tschirch hat auf Grund der Untersuchungen von Reinitzer (Arch. d. Pharm. 1914) seine Anschauungen über die Entstehung der Harze modifiziert. Er sieht in den Resinotannolen nicht mehr Vorstufen, sondern Endprodukte in der Entwicklungs-

geschichte der Harze. Als Muttersubstanzen der Harze treten nunmehr an Stelle der Gerbstoffe die Pflanzensterine in den Vordergrund. „Bei tiefergehender Verletzung reagiert die Pflanze durch Phytosterinhyperbolie. Die Protoretine sind — um einen trivialen Vergleich zu wählen — Gallensteine.“ Durch die Reaktionen, aber auch durch konstitutive Merkmale zeigen die Resinole und Resinolsäuren einige früher weniger klare Beziehungen zu andern Pflanzenstoffen. Außer zu den Sterinen, besonders auch zu den Terpenen und manchen Saponinen. Diese letzteren (Sesquiterpene und Saponine) haben sich zum Teil als Naphthalinderivate erwiesen (s. oben Guajacresinol). Nicht ohne Interesse ist auch die neue Feststellung von Kobert, daß einige, den Harzen fernerstehende, aber auch harzähnliche Substanzen, so die Agaricinsäure des Lärchenschwammes, sowie Convolvulin und Jalapin hämolytische Eigenschaften besitzen und damit ebenfalls saponinähnliche Merkmale aufweisen. Den Terpenen stehen die eigentlichen Harzsäuren der Gruppe der Resinolsäuren und der Abietinsäure, auch durch die Gegenwart der charakteristischen Propyl-(Isopropyl-) Gruppe nahe.

Beitrag zur Kenntnis von organischen Nahrungsstoffen mit spezifischer Wirkung. Unter diesem Titel veröffentlichten *Abderhalden* und der bekannte Beri-Beri-Forscher *Schaumann* in Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. 172, S. 1—274, 1918, eine für die Vitaminfrage in manchen Punkten abklärende Untersuchung. Die Polyneuritis wird als alimentäre Dystrophie bezeichnet, beziehungsweise als alimentäre Neurodystrophie, da es sich nicht um einen entzündlichen Prozeß handelt, sondern um ohne Entzündung sich abspielende Veränderungen des Nervengewebes. Daneben findet man häufig einen weitgehenden Muskelschwund. Die Insuffizienzerscheinungen werden analysiert, den Ursachen der einzelnen Erscheinungen nachgegangen. Es werden die Beobachtungen an verschiedenen Tierarten bei Verwendung verschiedener Nahrungsmittel verglichen, die Beeinflussung der Zubereitung derselben besprochen. *Abderhalden* erhebt die Forderung, daß die Nahrungsmitteluntersuchungsinstitute in Zukunft durchgängig auf Tierversuche eingerichtet werden sollten. Bei der alimentären Dystrophie sind am wirksamsten Hefe, dann Reiskleie; es folgen dann die Kleie von Gerste, Roggen, Hafer, Weizen, ferner *Phaseolus radiatus*, Erbsen und Linsen. Die Hefenukleinsäure versagt bei wiederholter Anwendung. Keiner der bisher dargestellten Extrakte kann es an Wirksamkeit mit den Muttersubstanzen, aus denen er gewonnen wurde, aufnehmen. Die als „Vitamine“ bezeichneten, mehr oder weniger rein erhaltenen Substanzen vermögen zwar in oft überraschender Weise nervöse Störungen zu beseitigen, können aber allein mit insuffizienter Nahrung gefütterte Tiere nicht dauernd am Leben erhalten. Der Tod tritt meist erheblich später ein, als ohne diese Zusätze, zuweilen aber selbst unter nervösen Störungen. Wiederholt wird darauf hingewiesen, daß die nervösen Störungen nur Teilsymptome sind, die deshalb hauptsächlich studiert wurden, weil sie am meisten auffallen und weil an ihnen die Wirkungen bestimmter Stoffe am leichtesten zu verfolgen sind. Für diese, die nervösen Symptome beseitigenden, organischen Basen wird der Name

Eutonine, nervenstärkende Stoffe, vorgeschlagen. Für die Gesamtheit der Stoffe, die neben den Hauptgruppen der Nährstoffe für die Vollwertigkeit der Nahrung nötig sind, wird der Name Nutramine gebraucht. Besonders wirksame Eutoninpräparate sind Acetonniederschläge von alkoholischen Extrakten hydrolysierter Hefe und Reiskleie. Unwirksam war mit verdünnter, heißer Lauge behandelte Hefe. Mit Eutonin zusammen konnte aber so behandelte Hefe geschliffenen Reis suffizient machen, während Eutonin allein dies nicht vermag. Es wird schließlich in systematischer Weise der Frage nach den Muttersubstanzen der Eutonine nachgegangen. Zusammenfassend wird gesagt, daß hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich, organische Phosphorverbindungen, Phosphatide, Nukleoproteide, Nukleine in Betracht kommen. Die Frage, ob auch in andern nicht phosphorhaltigen Substanzen, wie Proteinen, Kohlenhydraten, Fetten, Eutonine als integrierende Bestandteile ihrer Moleküle vorkommen, wird vorläufig offen gelassen. Entgegen den Ansichten *Röhmans* kann festgestellt werden, daß die Aminosäuren aus Eiweißkörpern nicht an der Eutoninwirkung beteiligt sind.

Die natürliche und erzwungene Glycerinbildung bei der alkoholischen Gärung. Über das Technische des in der Kriegszeit für die Gewinnung von Nitroglycerin so wichtig gewordenen Verfahrens der Vergärung von Zucker durch Hefen in Gegenwart von Sulfid ist die Öffentlichkeit jetzt durch die Publikation von *Connstein* und *Lüdecke* (Naturwissenschaften 1919, Nr. 23) zur Genüge orientiert. In dieser Zeitschrift ist auch über die Arbeiten von *M. Oppenheimer* (Naturwissenschaften 1915, S. 422) referiert worden, der die Glycerinausbeute bei Verwendung von Hefemacerations-saft bis auf 12 % treiben konnte. Ferner ist hier der Arbeiten von *Neuberg* gedacht worden (Naturwissenschaften 1918, S. 626), in welchen die allgemeine Rolle der Aldehyde bei der Gärung sowie die Bildung des Acetaldehyds erkannt bzw. sichergestellt wurde. In einer neuen Arbeit unter obigem Titel von *Neuberg* und *Elsa Reinfurth* (Biochem. Zeitschr. 92, 234, 1918) werden die Bedingungen der Glycerinbildung unter dem Einfluß des Sulfids im wesentlichen aufgeklärt. Schon *Neuberg* und *Kerb* (1913) hatten die Anschauung vertreten, daß jedem Molekül gebildeten Acetaldehyds ein Molekül Glycerin entsprechen dürfte. Dies bestätigte sich nun tatsächlich, so daß man die leichter ausführbare Aldehydbestimmung für jene des Glycerins setzen kann. Beim Zerfall des Zuckers in je ein Molekül Aldehyd, Glycerin und Kohlensäure könnten theoretisch 51,1 % Glycerin vom Gewichte des Zuckers entstehen. Es wurden bis 35 % Glycerin erhalten, also 70 % entsprechend der Theorie. Die maximalen Ausbeuten an Glycerin und Aldehyd sind etwa die gleichen, die *Connstein* und *Lüdecke* erhielten. Die Entstehung von Acetaldehyd und Glycerin sind korrelative Vorgänge. Ihre Verknüpfung besteht darin, daß die Fesselung der Aldehydstufe die Glycerinentwicklung bedingt. Für die Fixierung der Aldehydstufe sind sekundäre Sulfite besonders geeignet, da sie den Gärungsprozeß nicht unterbinden, dagegen bis zu einem bestimmten Gleichgewicht den intermediär gebildeten Aldehyd festlegen, dadurch eine dieser Oxydationsleistung entsprechende Reduktion erzwingen, das ist die Bildung von Glycerin.

G. Trier.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

RECEIVED

FEB 5 1920

U. S. Department of Agriculture

Heft 41. (Seite 741—760)

10. Oktober 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Bau und Größe des Fixsternsystems nach den Untersuchungen von H. v. Seeliger. Von Dr. K. F. Bottlinger, Berlin-Babelsberg. S. 741.

Die Axiomatik der modernen Physik. Von Prof. Dr. Arthur Haas, Leipzig. S. 744.

Über die Beziehungen der Keimdrüsen zu den sekundären Geschlechtsmerkmalen. Von Dr. Leopold v. Ubisch, Würzburg. S. 750.

Zur Biologie des Haustierhaares. Von Ernst Feige, Breslau. S. 756.

Botanische Mitteilungen:

Über staminale Pseudopetalie und deren Be-

deutung für die Frage nach der Herkunft der Blütenkrone. Über die Einwirkung farbigen Lichts auf die Färbung der Cyanophyceen. Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration des Gipfels und Kontaktempfindlichkeit bei Windepflanzen. Die Absterbeordnung der beiden Geschlechter einer getrenntgeschlechtigen Doldenpflanze. S. 759—760.

Astronomische Mitteilungen:

Zwei Sterne mit sehr großer Eigenbewegung. Neue atmosphärische Störung. Ein sehr merkwürdiger Veränderlicher. Merkwürdiger Veränderlicher 7. 1917 Serpentin. S. 760.



Elektrische Heizkissen

gegen

Ernste Krankheit

und

Leichtes Missbehagen

Fabrik Dr. Heilbrun
Berlin-Nowawes

Zu kaufen in guten elektr. und ärztl. Handlungen.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 69, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 39.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzelle angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11400.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe

Sg. Leisegang } *Potsdamerstr. 138*
Berlin } *Tauentzienstr. 12*
Schloß-Platz 4

Mineralien, Kristalle und Gesteine

Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl

Mineralien-Niederlage A. Jahn

Plauen i. V., oberer Graben 9

Preisliste gratis.

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167)

Kaufe gute zool., bot. und pflanzen-pathologische

Dauerpräparate

für Mikroskop

zu Unterrichtszwecken. Auch **Motormodelle u. Gräserammlung.** Eingehende Angebote an

Dr. Schulz, Hildesheim,

Landwirtschaftsschule.

(170)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Grundriß der Augenheilkunde für Studierende

Von Prof. Dr. **F. Schieck**

Geheimer Medizinalrat, Direktor der
Universitäts-Augenkl. in Halle a. S.

Mit 105 zum Teil farbig. Textabbildungen

Preis M. 9.—; gebunden M. 11.40

(und 10% Teuerungszuschlag gemäß den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

10. Oktober 1919.

Heft 41.

Bau und Größe des Fixsternsystems nach den Untersuchungen von H. v. Seeliger.

Von Dr. K. F. Bottlinger, Berlin-Babelsberg.

Um über den Bau und die Größe unseres Fixsternsystems etwas zu erfahren, kann man die Methoden der direkten Messung nicht anwenden. Nur für die uns relativ nahen Sterne ist die Parallaxe, d. h. die Schwankung ihres Ortes infolge der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne, meßbar. Auch die geradlinige Bewegung des Sonnensystems nach dem Sternbild der Leier, die etwa 20 Kilometer in der Sekunde beträgt, ist zu klein, um über mehr als unsere nähere Umgebung etwas auszusagen. Wir sind ganz auf statistische Methoden und auf Hypothesen angewiesen.

Den ersten Schritt in dieser Richtung hat W. Herschel getan. Von der Hypothese ausgehend, daß innerhalb des Fixsternhaufens, in dem wir uns befinden, die mittlere räumliche Sterndichte ungefähr gleichmäßig sei, außerhalb einer gewissen Grenzfläche aber gar keine Sterne mehr sich befänden, zählte er an den verschiedensten Himmelsgegenden mittels eines lichtstarken Teleskops die sichtbaren Sterne ab und konstruierte darnach diese hypothetische Grenzfläche. Auf diese Weise erhielt er ein ziemlich unregelmäßiges, an den Polen der Milchstraße stark abgeplattetes Gebilde. Die verschiedenen Helligkeiten der Fixsterne blieben ganz unbeachtet und mußten es auch bleiben, weil noch keinerlei zuverlässige und ausgedehnte Messungen hierüber vorlagen.

Einige weitere Versuche von W. Herschel, seinem Sohn John Herschel und W. Struve förderten das Problem nicht wesentlich. Erst mit der Bonner Durchmusterung (die im folgenden immer mit B. D. bezeichnet werden wird) von Argelander, die alle Sterne des nördlichen Himmels bis zur 9,5-ten Größe enthält, war neues Material herangeschafft, das Problem auf weiterer und mathematisch vollkommenerer Basis zu erörtern.

Dies hat Seeliger in erschöpfender Weise getan. Seine Untersuchungen erstrecken sich in vier großen und einer Menge kleinerer Schriften über den Zeitraum von den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts bis in die letzten Jahre. Der Darlegung seines Gedankenganges sei vorausgeschickt, daß man die scheinbaren Sternhelligkeiten nach Größenklassen benennt in der Weise, daß ein Stern 1. Größe etwa 2,5 mal so hell ist als einer 2. Größe, allgemein ein Stern m -ter Größe 2,5 mal so hell als ein solcher der

Größe $m + 1$; d. h. die Helligkeiten bilden eine geometrische Progression, wenn die Größenklassen eine arithmetische Progression bilden¹⁾. Die genaue zahlenmäßige Definition für das Intervall einer Größenklasse ist $\log \frac{h_m}{h_{m+1}} = 0,400$, woraus sich ergibt $\frac{h_m}{h_{m+1}} = 2,512$.

Die Vorarbeiten Seeligers bestanden darin, daß er aus der B. D. die Sterne der einzelnen Helligkeitsstufen abzählte und in Intervallen von halben Größenklassen Sternzahlen A_m aufstellte, die alle Sterne von den hellsten bis zur Größe m enthielten. Die Zahlen A_m müssen mit wachsendem m zunehmen.

Nehmen wir den einfachsten Fall an, daß alle Sterne gleiche absolute Leuchtkraft besitzen und mit gleichförmiger Dichte im Raum verteilt sind, so haben wir aus geometrischen Gründen, da jeder Größenklasse eine bestimmte Entfernung (r) entspricht²⁾,

$$\frac{A_m}{A_{m'}} = \left(\frac{h_{m'}}{h_m} \right)^{3/2}.$$

Ist die Differenz $m - m' = 0,5$ Größenklassen, so wird

$$\log a = \log \frac{A_{m+0.5}}{A_m} = 0,3.$$

Dies Gesetz müßte so lange gelten, bis wir mit wachsendem m die Grenze des Systems erreichen. Es würde keine Sterne mehr geben, die schwächer als eine gewisse Größe n sind. Läßt man die Annahme homogener Dichte bestehen, nimmt aber an (was der Wirklichkeit entspricht), daß die Sterne verschiedene absolute Leuchtkraft besitzen und fordert nur, daß die relative Häufigkeit der verschiedenen Helligkeiten in allen Raumteilen die gleiche sei, so ergibt es sich, daß $\log a = 0,3$ sein muß, bis die absolut hellsten Sterne, die in der Zahl A_m vorkommen, an der Grenze des Systems stehen. Stellen wir die Sternzahlen noch schwächerer Sterne auf, so fehlen unter ihnen die absolut hellen Exemplare und wir erhalten ein langsames Anwachsen der Zahlen, das ganz von der Häufigkeitsfunktion abhängt. Bei der Sterngröße n ist ein Sprung im Zunahmegesetz der Sternzahlen.

Seeliger mittelte die A_m aus den verschiede-

¹⁾ Für hellere Sterne als 1. Größe hat man die 0. und negative Größenklassen eingeführt. So haben Sonne und Mond die Größen -26 bzw. -11 .

²⁾ Weil $\frac{A_m}{A_{m'}} = \left(\frac{r_m}{r_{m'}} \right)^3$ und $\left(\frac{r_m}{r_{m'}} \right)^2 = \frac{h_{m'}}{h_m}$.

denen Himmelsarealen in 9 Zonen von je 20 Grad Breite vom Nordpol der Milchstraße ausgehend, so daß er für das Gesamtergebnis homogenes Zahlenmaterial, aber keine Abhängigkeit mehr von der galaktischen Länge¹⁾ hatte und ein rotationssymmetrisches System erhielt. Außerdem zog er noch die Zonen gleicher nördlicher und südlicher galaktischer Breite zusammen und bekam so das von ihm als „typisch“ bezeichnete, vereinfachte System.

Es zeigt sich nun, daß die $\log \alpha$ der Sterne der B. D. von der 7. bis 9. Größe (die helleren Sterne sind zu selten, als daß man aus ihnen summarische Schlüsse ziehen könnte) im allgemeinen konstant, aber beträchtlich kleiner als 0,300 sind. Außerdem zeigt sich eine deutlich stärkere Zunahme in der Milchstraße (Zone V), wie folgende Tabelle zeigt:

Zone	$\log \alpha$	λ
I	0,237	0,63
II	,243	,57
III	,248	,52
IV	,260	,40
V	,275	,25

Der Verlauf der Zahlen $\log \alpha$ deutet darauf hin, daß die Dichte nicht konstant ist, sondern nach außen hin abnimmt und daß die Abnahme um so rascher ist, je mehr wir uns von der Ebene der Milchstraße entfernen. Die Zahl λ ist die zehnfache Abweichung vom Sollwert $\log \alpha = 0,300$, so daß $\log \alpha = \frac{3-\lambda}{10}$.

Über die Größe n und die äußere Begrenzung unseres Systems kann man aus diesen Zahlen noch nichts schließen. Aber es existieren noch eine Reihe von Sternzählungen schwächerer Sterne als der B. D. über begrenzte Gebiete, die zur Feststellung des weiteren Verlaufs von $\log \alpha$ und zur eventuellen Bestimmung der Größe n herangezogen werden können, das sind vor allem die bekannten Sterneichungen von *Herschel* und die Sternzählungen von *Celoria* sowie in neuester Zeit die Abzählungen von *Kapteyn*.

Die Zählungen *Celorias* gehen bis zur Größe 11,5, die *Herschels* etwa bis 13,9. Während nun *Celorias* Zahlen dem Gesetz der B. D.-Sterne folgen, zeigen die *Herschelschen* Sterne ein ganz anderes Verhalten.

Fern von der Milchstraße nehmen sie sehr viel langsamer zu als die B. D.-Sterne und in der Milchstraße immer noch etwas langsamer.

Aus diesem Verhalten zieht *Seeliger* den Schluß, daß die *Herschelschen* Eichungen bereits die Grenze des Systems erreicht haben und daß die Größe n zwischen 11 und 14 liegen muß.

Das Problem kann nun genauer mathematisch behandelt werden, was *Seeliger* in einer um-

fassenden, 1898 in den Abhandlungen der Bayr. Akademie erschienenen Arbeit getan hat.

Die Dichte ist eine Funktion des Mittelpunktsabstandes $D = \gamma \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-\lambda}$, wo λ mit dem in obiger Tabelle enthaltenen Wert identisch ist.

Es wird ferner angenommen, daß die Häufigkeit, mit der eine absolute Helligkeit zwischen den Grenzen i und $i + di$ vorkommt, durch die in allen Raumteilen gleiche Funktion $\varphi(i)$ dargestellt werde und daß es sowohl eine untere wie eine obere Grenze für die absoluten Helligkeiten gebe, so daß stets $H_0 < i < H$. Es wird dann

$$\int_{H_0}^H \varphi(i) di = 1$$

gesetzt. Die untere Grenze kann man, wie elementare Betrachtungen zeigen, gleich Null setzen, so daß

$$\int_0^H \varphi(i) di = 1.$$

Auf diese Weise läßt sich auf rein geometrischem Weg ein Integralausdruck für die Sternzahlen A_m ableiten, der verschieden ist, je nachdem m größer oder kleiner als n ist¹⁾.

Ebenso lassen sich zwei Ausdrücke für die mittleren Entfernungen der Sterne von der Größe m ableiten, für m größer und kleiner als n . Dieses System sogenannter Integralgleichungen wurde von *Seeliger* gelöst. Das Resultat ist folgendes:

Für die Größe n , unter der die hellsten Sterne an der Grenze des Systems erscheinen, ergeben sich dann, je nachdem die *Herschelschen* Sterne, was nicht genau feststellbar, zur 13,5 oder 15,0 Größe gehen (Fälle (I) u. (II)), die in folgender Tabelle gegebenen Werte:

Zone	(I)	(II)
I	11,58	11,51
II	11,81	11,72
III	12,17	12,04
IV	12,42	12,27
V	13,22	12,81

Nimmt man für $\varphi(i)$ einen bestimmten Wert an, dann kann man die Gesamtzahl aller Sterne berechnen. Für $\varphi(i) = \text{const.}$ erhält man $A_\infty = 42$ und 29 Millionen in den beiden Fällen.

Das typische System ergibt sich so als ein abgeplattetes ellipsoidähnliches Gebilde, dessen

¹⁾ Man erhält nach einigen kleinen Transformationen die Ausdrücke

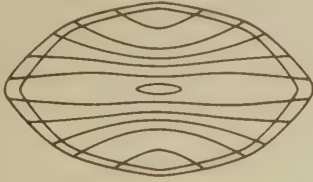
$$A_m = \int_0^{\sqrt{\frac{H}{h_m}}} D r^2 dr \int_{h_m r^2}^H \varphi(x) dx \quad \text{für } m < n \text{ oder } r_1 > \sqrt{\frac{H}{h_m}};$$

$$A_m = \int_0^{r_1} D r^2 dr \int_{h_m r^2}^H \varphi(x) dx \quad \text{für } n < m \text{ oder } r_1 < \sqrt{\frac{H}{h_m}}.$$

¹⁾ Vom griechischen γάλαξ (Milchstraße). Für stellarstatische Arbeiten hat man galaktische Koordinaten (Länge und Breite) eingeführt. Der Äquator dieses Systems ist die Symmetrieebene der Milchstraße.

polarer und äquatorealer Halbmesser etwa 9000 und 20 000 Lichtjahre betragen.

Die Dichteverteilung wird durch untenstehende Figur veranschaulicht. Die äußere Begrenzung entspricht der Annahme (I), die innere Annahme (II).



Zur Erlangung dieses Resultats wurden einige Annahmen gemacht, die sicher nicht richtig sind, aber ohne Vereinfachungen ist dem Problem überhaupt nicht näher zu kommen.

Diese Annahmen waren:

1. die Verteilungsfunktion ist in allen Raumteilen die gleiche;
2. es existiert keine Absorption des Lichtes.

Über 1 können wir, worauf einige der letzten Arbeiten *Seeligers* hinweisen, sagen, daß in der Ebene der Milchstraße sicherlich eine andere Verteilung gilt als außerhalb, aber weit davon entfernt, dies rechnerisch anbringen zu können, müssen wir im Gegenteil froh sein, wenn unsere Hypothesen einigermaßen den wahren Verlauf von φ treffen.

In einer weiteren Arbeit (Abhandlungen der Bayr. Akademie 1909) untersucht *Seeliger* den Verlauf von φ genauer. Außerdem bringt er die Wirkung der Absorption des Lichtes in die Formeln.

Eine kosmische Absorption in irgendeiner Form existiert sicherlich. Schon der Astronom *Olbers* hatte darauf hingewiesen, daß, wenn der Raum überall mit leuchtender Materie erfüllt sei, das Auge in jeder Richtung irgendwo auf eine leuchtende Sonne treffen müsse, also der ganze Himmel etwa in der Flächenhelligkeit der Sonne erstrahlen müßte, wenn es nicht Absorption gäbe oder die Leuchtmasse des Universums begrenzt wäre.

Wenn hier wahrscheinlich gemacht wurde, daß unser Fixsternsystem begrenzt ist und einen Durchmesser von etwa 40 000 Lichtjahren hat, so soll damit keineswegs gesagt werden, daß nicht außerhalb unserer Milchstraße andere koordinierte Systeme existieren. Die Frage, ob die Spiralnebel solche Gebilde sind, oder ob sie der Milchstraße angehören, ist noch durchaus offen, wenn auch in letzter Zeit manches darauf deutet, daß sie innerhalb unseres Systemes liegen. Eine kosmische Absorption braucht aber nicht im leeren Raume (wie man früher sagte: Äther) zu erfolgen. Dies ist sogar nach den physikalischen Anschauungen durchaus unwahrscheinlich, sondern sie wird im wesentlichen durch Abschirmung vorgelagerter dunkler Materie erfolgen. Solche kosmische Staubmassen existieren überall im Weltraum, wie vor allem die Meteore zeigen.

Um das immerhin spärliche Material durch Einführung einer neuen Größe nicht noch mehr

zu belasten, faßt *Seeliger* nun alle 5 Zonen zusammen und verzichtet auf den Einfluß der galaktischen Breite und erhält ein rein sphärisches, von ihm als das „schematische“ bezeichnetes System.

Er macht nun einen Versuch, mit Hilfe der gemessenen Parallaxen dem wahren Verlauf von φ näher zu kommen und findet als einen brauchbaren Wert $\varphi(i) = \frac{H}{i} \log \frac{H}{i}$, womit er im folgenden rechnet. Neue Abzählungen schwächster Sterne, insbesondere von dem holländischen Astronomen *Kapteyn*, bestätigen die früheren Resultate *Seeligers* und lassen eine genauere Bestimmung der Größe n zu, unter der die hellsten Sterne an der Grenze des Systems erscheinen. Es ergibt sich $n = 11,91$.

Die Gesamtzahl der Sterne läßt sich mit der genannten Funktion für φ nicht angeben, da für $i = 0$ der Wert von φ unendlich wird, also auch $A_\infty = \infty$.

Neuerdings gibt es noch eine andere Größe, der man Rechnung zu tragen versuchen sollte. *Kapteyn* hatte auf Grund von Eigenbewegungen mittlere Parallaxenwerte für die Sterne verschiedener Größen aufgestellt.

Nimmt man die Absorption als unmerklich klein an, so erhält man als Grenze des Systems 22 000 Lichtjahre und findet die Kapteynschen Parallaxen sehr schlecht dargestellt. Um diese darzustellen, kann man die Absorption zu Hilfe nehmen. Ist der Absorptionsfaktor auf die von *Seeliger* benutzte Entfernungseinheit der Siriusweite (die der Parallaxe $0''.2$ entspricht und 17,5 Lichtjahre beträgt) $v = 1/15$, so erhält man eine nahezu vollständige Darstellung der Parallaxen und die Grenze des Systems läge in einer Entfernung von nur 1500 Lichtjahren. Indessen hätte man in diesem Falle eine enorme Dichtezunahme nach außen, die an der Grenze des Systems etwa das Sechshundertfache des Mittelwertes betrüge, was ganz unwahrscheinlich ist. Beträgt der Absorptionsfaktor $v = 1/500$ auf die Entfernungseinheit, so liegt die Grenze des Systems bei 12 000 Lichtjahren und die Dichte zeigt vom Mittelpunkt bis zur Grenze eine mäßige Abnahme von 1,00 auf 0,57.

Mit einem plausiblen Wert der Absorption kann man *Kapteyns* Parallaxen nicht darstellen. Kann man dies Ziel nicht auf bessere Weise erreichen, so verzichtet man besser ganz darauf. Diese Parallaxen haben einen durchaus hypothetischen Charakter. Sie sind aus Eigenbewegungen von Sternen abgeleitet, die in verhältnismäßiger Nähe der Sonne stehen und unter Zugrundelegung der Hypothese, daß die Sternbewegungen völlig regellos seien und keine Richtung bevorzugt werde, vielmehr daß alle einzelnen Eigenbewegungen sich im Mittel kompensierten.

Kann man aber auf andre Weise diese Parallaxen darstellen, so ist der Versuch sicher lohnend.

Dies hat *Seeliger* in einer Arbeit von 1911 (Sitzungsberichte der Bayr. Akademie) angenommen und die Verteilungsfunktion $\varphi(i)$ direkt aus den Sternzahlen A_m bestimmt und erhält so eine völlig befriedigende Darstellung von *Kapteyns* Parallaxen.

In bezug auf die Absorption macht er zwei verschiedene Annahmen. Das eine Mal ist die Absorption überall gleich (allgemeine Absorption), das andere Mal setzt er sie an jedem Ort proportional der Sterndichte, von der Anschauung ausgehend, daß dort, wo die Sterne am dichtesten stehn, auch am meisten „Staub“ vorhanden sei, der die Absorption hervorruft.

Unter Annahme der allgemeinen Absorption wird der Halbmesser des Systems 14 000 Lichtjahre und die Schwächung eines Sternes an der Grenze beträgt nur 0,27 Größenklassen, entsprechend einem Absorptionskoeffizienten von $\nu = 1/3240$ auf die Entfernung der Siriusweite.

Im Falle die Absorption proportional der Dichte ist, wird der Halbmesser zu 1360 Lichtjahren und die Schwächung eines Grenzsterns 0,34 Größenklassen.

Kehren wir noch einmal zum typischen Sternsystem zurück. Hierauf hat *Seeliger* noch einmal alle Verbesserungen in den letzten Arbeiten in einer 1912 in den Sitzungsberichten erschienenen Schrift angewandt und erhält einen Halbmesser von etwa 6000 Lichtjahren in polarer und 30 000 Lichtjahren in äquatoraler Richtung, also eine viel stärkere Abplattung als früher, die aber auch plausibler scheint.

Es ist unmöglich, auf die vielseitigen Untersuchungen einzeln hinzuweisen, die *Seeliger* besonders der Verteilungsfunktion $\varphi(i)$ gewidmet hat, die in der Tat den Kernpunkt der ganzen mathematischen Behandlung des Problems bildet.

Sicher entspricht die Annahme (S. 743, Sp. 1 oben), daß $\varphi(i)$ in allen Raumteilen das gleiche sei, nicht den Tatsachen, darauf weisen einige der letzten Schriften *Seeligers* hin (Astronom. Nachrichten 4617 u. 4640). Es zeigt sich zum Beispiel schon, daß die weißen heißesten Sterne fast nur in der nächsten Umgebung der Milchstraße auftreten, während die gelbroten, verhältnismäßig kühlen ziemlich gleichmäßig über den Himmel verteilt sind, aber im einzelnen sind wir zunächst weit davon entfernt, die Abhängigkeit der Funktion φ vom Ort näher anzugeben.

Fassen wir kurz das Resultat der Untersuchungen *Seeligers* zusammen, so können wir mit großer Wahrscheinlichkeit, wenn nicht fast mit Gewißheit sagen, daß unser Sternsystem ein begrenzter, in der Ebene der Milchstraße stark abgeplatteter Sternhaufen ist, dessen Achsenverhältnis schätzungsweise $\frac{1}{2}$ beträgt und dessen Äquatorealdurchmesser von der Größenordnung von 50 000 Lichtjahren ist.

Die Axiomatik der modernen Physik.

Von Prof. Dr. Arthur Haas, Leipzig*).

Seit der Zeit des *Descartes* ist in der theoretischen Physik immer stärker die Frage in den Vordergrund getreten, wie man bei einer Ausgestaltung der Physik nach dem Vorbilde der euklidischen Geometrie die *physikalischen Axiome* zu formulieren habe. Die „Ökonomie der Wissenschaft“ erfordert es natürlich, daß diese Axiome so wenig an der Zahl seien, wie möglich; andererseits aber auch, daß sich eine möglichst große Zahl von Erfahrungstatsachen aus ihnen durch rein mathematische Deduktionen ergebe. In einer ständigen Verminderung der Zahl der Axiome, in einer fortschreitenden Ausdehnung ihres Geltungsbereiches muß somit die Entwicklung der physikalischen Axiomatik bestehen. Wie sich diese Entwicklung bisher vollzogen hat, welches ihr gegenwärtiger Stand ist, welche ihre Zukunftsmöglichkeiten sind, das kurz zu erörtern soll die Aufgabe dieses Aufsatzes sein.

Die ersten Vorläufer einer physikalischen Axiomatik finden sich schon im Altertum. In zwei Schriften, die dem *Euklid* zugeschrieben wurden und die, wenn nicht von ihm selbst, von seiner Schule stammen, begegnen wir den Versuchen einer „*Euklidisierung*“ der Perspektivik und der Katoptrik; in einer Schrift des *Archimedes* wird in ähnlicher Weise eine Euklidisierung der Statik versucht.

Der eigentliche Begründer einer physikalischen Axiomatik wurde aber erst *Descartes*. In seiner Philosophie spielt ja eine fundamentale Rolle das Prinzip, daß unsere Erkenntnis der Außenwelt mathematischer Natur sei; und so ist es begreiflich, daß er nach dem Vorbilde der Geometrie auch die Physik in ein streng logisches System gebracht wissen wollte. Zu diesem Zwecke formulierte er zuerst *drei oberste Gesetze der Bewegung*, aus denen sich alle bekannten Bewegungserscheinungen rein *mathematisch deduzieren* lassen sollten. Das Programm des *Descartes* erscheint in großartig genialer Weise bis in die letzten Einzelheiten in *Newtons* „Mathematischen Prinzipien der Naturlehre“ durchgeführt. Durch das 18. Jahrhundert setzen sich die Bestrebungen fort, das große und ständig wachsende Gebäude der Mechanik auf einige wenige Axiome, ja womöglich auf ein einziges zu gründen. Die Krönung dieser Bestrebungen stellt wohl die am Ende des 18. Jahrhunderts erschienene „Analytische Mechanik“ von *Lagrange* dar, in der die streng deduktive Methode der Physik ihre höchste Vollkommenheit erreichte.

Mit der Frage der obersten mechanischen Prinzipie hängt nun auf das engste die Frage der allgemeinen Form der sogenannten *Bewegungsgleichungen* zusammen. Die Bewegungsgleichungen

*) Vorgetragen am 18. Februar 1919 in der Chemisch-Physikalischen Gesellschaft an der Universität in Wien.

gen stellen den analytischen Ausdruck des zweiten Newtonschen Bewegungsgesetzes dar, demzufolge die auf die Zeiteinheit bezogene Änderung der sogenannten *Bewegungsgröße* der einwirkenden Kraft proportional ist und in deren Richtung erfolgt¹⁾. Indem *Euler* die Mechanik mit der analytischen Geometrie des Raumes verknüpfte, gewann er für dieses Gesetz einen für die mathematische Behandlung besonders geeigneten Ausdruck in der Form eines *Gleichungstripels*. Die drei untereinander wesensgleichen und nur durch die Komponentenindices verschiedenen Gleichungen sehen recht einfach aus, wenn man die Bewegung eines *Massenpunktes* betrachtet.

Indem die Mechanik von diesem speziellen und einfachen Fall nun zu allgemeineren Problemen fortschritt, gewann sie zunächst die (ebenfalls zuerst von *Euler* aufgestellten) Bewegungsgleichungen des sogenannten starren Körpers, und schließlich dann als die *allgemeinen mechanischen Grundgleichungen* diejenigen, die die *Bewegungsvorgänge innerhalb einer kontinuierlich verbreiteten Masse* beschreiben. Auch in diesem Falle erscheint als analytischer Ausdruck des Newtonschen Prinzips ein Gleichungstripel; aber es verknüpft nicht mehr Bewegungsgröße und Kraft schlechthin miteinander, sondern die *Dichten* dieser beiden Größen. Für jede der Komponenten gilt die Beziehung, daß die an der Volumeneinheit angreifende Kraft gleich ist der auf die Zeiteinheit bezogenen zeitlichen Änderung der in der Volumeneinheit enthaltenen Bewegungsgröße. Da die Bewegungsgröße auch als Impuls bezeichnet wird, nennt man das Prinzip, das in diesem Gleichungstripel seinen Ausdruck findet, heute meist den *Impulssatz*.

Zur allgemeinen Beschreibung der Bewegungsvorgänge in einer kontinuierlich verbreiteten Masse reicht indessen der Impulssatz nicht aus; abgesehen von speziellen Annahmen, die noch erforderlich sind²⁾, benötigt man noch eine allgemein gültige Gleichung, die so selbstverständlich erschien, daß man sich ihres axiomatischen Charakters kaum bewußt wurde; es ist die Gleichung, die in der theoretischen Physik als die *Kontinuitätsgleichung* bezeichnet wird und die den analytischen Ausdruck für das Prinzip der *Unerschaffbarkeit und der Unzerstörbarkeit der Masse* darstellt.

Der Impulssatz und der Massenerhaltungssatz bilden zusammen das Fundament der theoretischen Mechanik; jener liefert drei, dieser eine, beide Sätze zusammen also vier Grundgleichungen, aus denen alle übrigen Sätze der Mechanik

durch rein mathematische Deduktionen ableitbar sind; und unter diesen Sätzen, die eine mathematische Folge jener vier Grundgleichungen sind, ist nun einer ganz besonders bedeutungsvoll. Es ist der Satz, daß bei rein mechanischen Vorgängen die Summe aus der lebendigen Kraft und dem Potential von der Zeit unabhängig ist, ein Prinzip, das eben die *Erhaltung der mechanischen Energie* bei reinen Bewegungsvorgängen lehrt.

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts blieben die axiomatischen Untersuchungen der Physik auf das Gebiet der Mechanik beschränkt. Nach dem Vorbilde von *Newton* und *Lagrange* erfuhren aber dann im Beginne des 19. Jahrhunderts auch andere Zweige der Physik eine exakt-systematische Ausgestaltung. Als Seitenstück zu der analytischen Mechanik von *Lagrange* schuf *Fourier* seine „Analytische Theorie der Wärme“. *Fresnel* vermochte aus wenigen grundlegenden Hypothesen durch rein mathematische Deduktionen die gewaltige Fülle von *optischen* Erscheinungen zu erklären, die zu seiner Zeit bekannt waren; und schließlich übernahm *Ampère* in der *Elektrizitätstheorie* die Rolle *Newtons*, indem er zeigte, wie aus einer einzigen von ihm aufgestellten Formel die zu seiner Zeit bekannten elektrodynamischen Erscheinungen abgeleitet werden konnten.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts schien schließlich die Theorie des Elektromagnetismus auf vier Fundamentalgesetze begründet und aus ihnen rein deduktiv ableitbar. Es waren das auf Elektrizitätsmengen bezogene *Coulombsche Gesetz* als Grundlage der Elektrostatik, das auf magnetische Polstärken bezogene *Coulombsche Gesetz* als Grundlage der Magnetostatik, hierbei mit der Erfahrungstatsache verknüpft, daß es keinen freien Magnetismus gibt; das *Gesetz von Biot und Savart* als Grundlage der Elektromagnetik und das *Neumannsche Induktionsgesetz* als Grundlage der Magnetelektrik. Da die beiden zuletzt genannten Gesetze (das Biot-Savartsche und das Neumannsche) in analytischer Darstellung durch je ein Gleichungstripel ausgedrückt werden, die beiden Gesetze von *Coulomb* hingegen durch je eine Gleichung³⁾, so erschien somit die Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus auf acht Grundgleichungen aufgebaut, also auf doppelt soviel wie die Mechanik.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts erfuhren schließlich auch die Axiome der *Thermodynamik* ihre exakte Formulierung in der Gestalt der *beiden Hauptsätze der Wärmelehre*, deren erster bekanntlich die Äquivalenz von Wärme und Bewegungsenergie, deren zweiter die ständige Vermehrung der Entropie lehrt.

So erschien um die Mitte des 19. Jahrhunderts das Zwischenziel erreicht, das sich die physikalische Axiomatik im ersten Abschnitt ihrer Entwicklung setzen mußte; die einzelnen *Zweige* der

¹⁾ Es ist bemerkenswert, daß diese von *Newton* selbst stammende ursprüngliche Fassung des Satzes auch für die moderne relativistische Physik noch richtig ist, während dies keineswegs für den Satz zutrifft, daß die Kraft der Beschleunigung proportional sei.

²⁾ Die Annahmen sind notwendig, um eine Beziehung zwischen Druck und Dichte zu besitzen. Eine derartige Annahme findet z. B. bei idealen Gasen in dem Boyleschen Gesetz, bei idealen Flüssigkeiten in der Inkompressibilitätsbedingung ihren Ausdruck.

³⁾ Es ist dies die sogenannte Laplace-Poissonsche Gleichung in ihrer Anwendung auf die Elektrostatik und die Magnetostatik.

Physik erschienen nunmehr aus bestimmten Axiomen ableitbar, die ihrerseits das Fundament des betreffenden physikalischen Wissenszweiges bildeten. Es waren die vier mechanischen Grundgleichungen, weiter die acht elektromagnetischen, eine gewisse Zahl optischer, die zwei thermischen und ferner noch die eine, wenn man so sagen darf, astronomische Grundgleichung, die als Grundlage der Himmelsmechanik das Newtonsche *Gravitationsgesetz* ausdrückte.

Es ist begreiflich, daß eine nach einer *Ver-einheitlichung des Naturbildes* strebende theoretische Physik nicht recht an die völlige gegenseitige Unabhängigkeit so mannigfacher Axiome glauben konnte. In zweifacher Hinsicht vollzog sich nun — im wesentlichen in den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts — ein gewaltiger Fortschritt auf dem Gebiete der physikalischen Axiomatik, und zwar hinsichtlich der thermischen und der optischen Axiome. Nachdem bereits *Robert Mayer* gezeigt hatte, daß der erste Hauptsatz der Thermodynamik aus den mechanischen Grundgleichungen folgt, wofern man die Wärme als Bewegung der kleinsten Körperteilchen auffaßt, ist es dann *Boltzmann* gelungen, die Schwierigkeiten zu überwinden, die einer rein kinetischen Auffassung der Wärme zunächst noch der zweite thermodynamische Hauptsatz bereitete. *Boltzmann* hat vielmehr vom Standpunkt der kinetischen Theorie aus gezeigt, wie ein aus den Grundgleichungen der Mechanik resultierender Satz als *Entropiegesetz interpretiert* werden kann.

Verloren also dadurch die thermodynamischen Hauptsätze die Rolle selbständiger, unabhängiger Axiome, so zeigte andererseits *Maxwell*, daß aus den entsprechend allgemein gefaßten und gedeuteten elektromagnetischen Grundgleichungen die Fresnelschen optischen Hypothesen mathematisch deduzierbar sind, wofern man die *Lichterscheinungen als elektromagnetische* auffaßt. Die acht *Maxwellschen Gleichungen* (die durch die *Elektronentheorie* später allerdings noch gewisse Modifikationen erfuhren) erschienen derart als gemeinsame Grundlage der Phänomene der Elektrizität, des Magnetismus und des Lichtes; und es ist nun sehr bemerkenswert, daß aus ihnen, wie zuerst *Poynting* gezeigt hat, durch rein mathematische Deduktionen eine Gleichung resultiert, die formal vollkommen mit der vorhin erwähnten Kontinuitätsgleichung der Masse übereinstimmt und die die Unerschaffbarkeit und Unzerstörbarkeit der Energie im elektromagnetischen Felde lehrt. Wie der Satz von der Erhaltung der mechanischen Energie aus den mechanischen Grundgleichungen, so folgt der Satz von der *Erhaltung der elektromagnetischen Energie* aus den Maxwellschen Gleichungen.

Durch die kinetische Wärmetheorie und die elektromagnetische Lichttheorie wurden so die thermischen und optischen Axiome beseitigt, und es blieben, wenn wir von dem Gravitationsgesetze zunächst absehen, nur noch die mechanischen

Grundgleichungen und die elektromagnetischen Feldgleichungen als scheinbar voneinander unabhängig übrig. Daß aber gleichwohl zwischen diesen beiden Gruppen physikalischer Grundgleichungen ein innerer Zusammenhang bestehen müsse, daß ließ bereits eine wichtige theoretische Entdeckung erkennen, die im Jahre 1881 *J. J. Thomson* glückte. *Thomson* fand nämlich, daß einer jeden elektrischen Ladung an sich eine scheinbare Masse, eine sogenannte *elektromagnetische Masse*, zukommen müsse. Diese Entdeckung wies bereits eine Möglichkeit, wie vielleicht ganz allgemein der mechanische Grundbegriff der Masse auf die elektromagnetischen Grundbegriffe zurückgeführt werden könnte.⁴⁾

Völlig klar wurde der enge Zusammenhang, der die Mechanik mit der Elektrizitätstheorie verknüpft, aber erst, seitdem durch die Aufstellung der *Relativitätstheorie* die Grundformeln der Physik nicht nur eine allgemeinere, sondern auch eine viel harmonischere und übersichtlichere Gestalt erhalten hatten. In der Relativitätstheorie bedient man sich seit *Minkowski* bekanntlich eines *vierdimensionalen Koordinatensystems*⁴⁾, indem man als vierte Koordinate neben den drei räumlichen noch eine hinzufügt, die sich durch Multiplikation der Zeit mit der Lichtgeschwindigkeit⁵⁾ ergibt und die darum, obwohl sie natürlich auch die Dimension einer Länge hat, als die *zeitliche* bezeichnet wird. Wie in der klassischen Physik gerichtete Größen, sogenannte Vektoren mit drei Komponenten, auftreten, so sind für die Relativitätstheorie *vierdimensionale Vektorgrößen* mit vier Komponenten, sogenannte „Vierervektoren“, charakteristisch.

Die Relativitätstheorie zeigt nun, daß das *elektromagnetische Feld* vollkommen bestimmt ist durch einen vierdimensionalen Vektor, den man als das *Viererpotential* bezeichnet⁶⁾. Alle anderen Größen, die in der Elektrodynamik eine Rolle spielen, sind aus dem Viererpotential zufolge den Maxwellschen Gleichungen *durch reine Rechenoperationen ableitbar*. Durch eine Rechenoperation, die in der vierdimensionalen Vektoranalysis dieselbe Bedeutung hat, wie in der dreidimensionalen die Bildung der sogenannten „Rotation“ (auch „curl“ genannt), kann man nämlich aus jedem Vektor mit vier Komponenten einen sogenannten „Sechservektor“ ableiten, nämlich eine Größe mit sechs Komponenten nach den

⁴⁾ Die drei räumlichen Komponenten des Viererpotentials sind gleichbedeutend mit den Komponenten des schon von *Maxwell* in die Theorie eingeführten sogenannten Vektorpotentials; die vierte zeitliche Komponente ist das von *H. A. Lorentz* eingeführte sogenannte Feldpotential, das in dem besonderen Fall eines statischen Feldes wiederum identisch wird mit dem bekannten elektrostatischen Potential.

⁵⁾ Vgl. den in dieser Zeitschrift (1916) und auch als selbständige Schrift (Verlag Springer, 1917) erschienenen Aufsatz von *Moritz Schlick*: „Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik“.

⁶⁾ Überdies noch multipliziert mit der imaginären Einheit.

sechs Koordinatenebenen, die es ja in einer vierdimensionalen Mannigfaltigkeit gibt⁷⁾). Man nennt nun den Sechservektor, den man auf diese Art durch eine reine Rechenoperation aus dem Viererpotential ableiten kann, den elektromagnetischen *Feldtensor*; es zeigt sich dann auf Grund der Maxwellschen Gleichungen, daß die sechs Komponenten des elektromagnetischen Feldtensors nichts anderes sind als die elektrische und die magnetische Feldstärke.

Andererseits zeigt nun die vierdimensionale Vektoranalysis, daß auch aus jedem Sechservektor ein Vierervektor durch eine reine Rechenoperation gewonnen werden kann. Den Vierervektor, der sich derart rein mathematisch aus dem Feldtensor herleiten läßt, nennt man den *Viererstrom*. Diese Bezeichnung rührt daher, daß, wie sich auf Grund der Maxwellschen Gleichungen herausstellt, die drei räumlichen Komponenten des Viererstroms die Komponenten der Stromdichte darstellen, während die zeitliche Komponente mit der Ladungsdichte gleichbedeutend ist.

So erscheint also in der vierdimensional-relativistischen Darstellung das elektromagnetische Feld durch das Viererpotential, durch den Feldtensor und durch den Viererstrom charakterisiert. Bei dieser Darstellungsart lassen sich die acht elektromagnetischen Feldgleichungen in zwei Gleichungsquadrupel bringen und jedes dieser wiederum in je eine symbolische vierdimensionale vektorielle Gleichung zusammenfassen. Die erste Vektorgleichung enthält das Gesetz von *Biot* und *Savart* und das elektrostatische Grundgesetz, die zweite das Induktionsgesetz und das magnetostatische Grundgesetz. Diese Art der Darstellung hat aber für die Axiomatik noch einen anderen Vorteil. Sieht man nämlich das Viererpotential, aus dem die anderen Zustandsgrößen durch Rechenoperationen ableitbar sind, auch in physikalischer Hinsicht als das Primäre, das ursprünglich Gegebene an, so wird die zweite der eben erwähnten Vektorgleichungen eine mathematische Selbstverständlichkeit. Statt von acht braucht man dann nur noch von vier elektromagnetischen Grundgleichungen zu sprechen.

Durch Kombination von Viererpotential, Feldtensor und Viererstrom lassen sich nun natürlich neue Größen bilden und aus diesen durch Rechenoperationen wieder andere gewinnen. Unter den Größen, die man derart ableiten kann, spielt nun eine besonders wichtige Rolle. Sie ist ein sogenannter vierdimensionaler Tensor. Im Dreidimensionalen haben die Tensoren (die Vektoren höheren Ranges darstellen) im allgemeinen

⁷⁾ In der vierdimensionalen Vektoranalysis stehen Sechser- und Vierervektoren zueinander in demselben Verhältnis, wie in der dreidimensionalen Geometrie „axiale“ und „polare“ Vektoren. Während aber im Dreidimensionalen die Zahl der Koordinatenachsen und der Koordinatenebenen gleich ist (drei und drei), sind diese Zahlen im Vierdimensionalen verschieden (vier und sechs).

dreimal drei, also neun Komponenten, weil ihre Komponenten eben durch je zwei Indices charakterisiert sind. Im Vierdimensionalen ist die Zahl der Komponenten eines Tensors daher im allgemeinen viermal vier oder sechzehn⁸⁾. Der eben erwähnte vierdimensionale Tensor, den man aus den elektromagnetischen Zustandsgrößen ableiten kann, ist nun deshalb so bemerkenswert, weil seine Komponente, in der der für die zeitliche Koordinate charakteristische Index 4 zweimal vorkommt, nichts anderes darstellt als die Dichte der elektromagnetischen Energie. Aus diesem Grunde bezeichnet man diesen Tensor als den *Energietensor*.

Der Energietensor hat also wohl, wie erwähnt, sechzehn Komponenten. Es sind aber zwei Komponenten, die dieselben Indices, aber in umgekehrter Reihenfolge enthalten, untereinander gleich. (Es ist also z. B. die Komponente mit dem Index 2,3 gleich der Komponente mit dem Index 3,2.) Es ist der Energietensor, wie man sagt, *symmetrisch*. Deshalb sind unter seinen Komponenten je sechs paarweise gleich, und man braucht somit an dem Energietensor nur *zehn* verschiedene Komponenten zu unterscheiden.

Mit dem Energietensor kann man nun natürlich auch wiederum vektorielle Operationen vornehmen; und unter diesen ist nun eine besonders wichtig; das ist die Bildung der sogenannten Vektordivergenz. Ein näheres Eingehen auf den Charakter dieser Rechenoperation ist in diesem Zusammenhange nicht notwendig. Es genüge der Hinweis darauf, daß im Dreidimensionalen z. B. die an der Volumeneinheit einer kontinuierlich verbreiteten Masse angreifende Kraft die Vektordivergenz des mechanischen Spannungstensors ist. Bildet man nun von dem Energietensor die sogenannte Vektordivergenz, so findet man für sie den Wert Null. Die Tatsache, daß die *Vektordivergenz des Energietensors verschwindet*, findet ihren analytischen Ausdruck in einem Gleichungsquadrupel, in dem lediglich die partiellen Differentialquotienten der Komponenten des Energietensors nach den vier Koordinaten vorkommen. Und nun stellt sich das überraschende Ergebnis heraus, daß dieses Gleichungsquadrupel in seiner Form vollkommen *übereinstimmt* mit dem System der vier Gleichungen, die vorhin als die Grundgleichungen der *Mechanik* bezeichnet wurden und die eben den Impulssatz und den Massenerhaltungssatz ausdrücken.

Durch diese wunderbare theoretische Entdeckung eröffnete sich der Axiomatik die Möglichkeit eines ähnlichen, vielleicht noch großartigeren und noch radikaleren Fortschrittes, als es der war, den sie *Maxwell* verdankte. *Maxwell* hatte gezeigt, daß aus den elektromagnetischen Grundgleichungen Relationen resultieren, die in

⁸⁾ Auch die Sechservektoren stellen einen Spezialfall eines Tensors dar; sie sind sogenannte schiefsymmetrische Tensoren. Daraus erklärt sich auch die Bezeichnung Feldtensor.

ihrer Form vollkommen mit den Fresnelschen optischen Grundgleichungen übereinstimmen. Daraus hatte *Maxwell* erkannt, daß die optischen Grundgleichungen eine mathematische Konsequenz der elektromagnetischen Gleichungen sind, wofern man die Lichterscheinungen als elektromagnetische auffaßt. In ganz analoger Weise läßt die Relativitätstheorie die mechanischen Grundgleichungen als Folge der elektromagnetischen Feldgleichungen erscheinen, wofern die *Bewegungsvorgänge als elektromagnetische angesehen* werden. Und wie die elektromagnetische Theorie der optischen Phänomene experimentell durch die Versuche von *Hertz* und die von *Lecher* gerechtfertigt erschien, so dürfen wir (worauf hier nicht näher eingegangen werden soll) als experimentellen Beweis für die Berechtigung der elektromagnetischen Theorie der Bewegungsvorgänge vor allem ansehen: die bei den Kathodenstrahlteilchen beobachtete Zunahme der Masse mit der Geschwindigkeit und andererseits die Feinstruktur der Spektrallinien⁹⁾.

Wie durch *Maxwell* die Optik zu einem Zweige der Elektrizitätstheorie wurde, so geschah es durch *Einstein* mit der Mechanik; und da ja die Theorie der Wärme teils infolge der kinetischen Auffassung als Bestandteil der Mechanik, teils, soweit es sich um die Wärmestrahlung handelt, als Bestandteil der Optik anzusehen ist, so erscheinen somit in der Tat nunmehr alle Gesetzmäßigkeiten der Physik in durchaus einheitlicher Weise aus den Maxwellschen Gleichungen ableitbar.

Das Ideal einer vollkommen *einheitlichen Physik* erscheint damit nahezu verwirklicht. In objektiver Hinsicht gibt es keine „Zweige“ der Physik mehr; denn alles Geschehen ist im Wesen elektromagnetisch und kann höchstens von einem Beobachter, der die Erscheinungen von einem anderen Gesichtspunkte aus beurteilt, anders *interpretiert* werden. Durch diese neue Auffassung gewinnt nun auch das Prinzip ein ganz anderes Aussehen, das bis dahin vielfach als das oberste Gesetz der Physik gegolten hatte, nämlich der Satz von der *Erhaltung der Energie*. In der Tat waren die allergrößten begrifflichen Schwierigkeiten mit der Vorstellung verbunden, daß die Energie konstant bleibe und sich dennoch unaufhörlich umwandle, daß also etwas erhalten bleibe, was eben doch nicht das gleiche bleibt. Nach der modernen Auffassung gibt es überhaupt keine Transformation der Energie. Denn es gibt eben nur eine einzige Art von Energie, nämlich die des elektromagnetischen Feldes. Was transformiert wird, ist nicht die Energie, sondern höchstens der Gesichtspunkt des Menschen, der die physikalischen Erscheinungen durch seine Sinne beobachtet.

Wurde so die als „Weltherrin“ gefeierte Energie ihres mystischen Glanzes entkleidet, so erfuhr doch auf der anderen Seite durch die neue Auffassung das Prinzip ihrer Erhaltung eine außerordentliche Vertiefung; denn es erwies sich ja nunmehr als identisch mit dem Prinzip von der Erhaltung der Masse. Die moderne Physik identifiziert ja, wie früher erwähnt, das Gleichungsquadrupel, das das Verschwinden der Vektordivergenz des Energietensors ausdrückt, mit den mechanischen Grundgleichungen. Sie interpretiert daher die vierte Energietensorgleichung, die die sogenannte Energieströmung im elektromagnetischen Felde beschreibt, als die mechanische Kontinuitätsgleichung. Indem sie das tut, gelangt sie notwendigerweise zu der Vorstellung, daß in dem elektromagnetischen Felde, das ja wiederum nichts anderes als die *Materie* darstellt, *Massendichte und Energiedichte identische Begriffe* sind, verschieden nur durch einen Proportionalitätsfaktor; dieser ist durch die Verschiedenheit des *Maßes* bedingt und gleich dem Quadrate der Lichtgeschwindigkeit. Jeder Energie kommt an sich Masse zu, jeder Masse Energie. So erscheinen die Sätze von der Erhaltung der Masse und der Energie, die Prinzipie von *Lavoisier* und *Mayer* in der neuen Theorie zu einem einzigen Prinzip vereinigt, das aber seinerseits lediglich eine mathematische Konsequenz der Maxwell'schen Gleichungen darstellt.

Das neue System einer durchaus einheitlichen Physik, das derart auf rein elektromagnetischer Grundlage im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts entstand, wies aber gleichwohl noch eine Lücke auf, die von niemand störender empfunden wurde als von dem Schöpfer der Relativitätstheorie, als von *Einstein* selbst. Diese Lücke stellte das *Gesetz der Gravitation* dar. Seine Einfügung in ein streng einheitliches physikalisches System gelang bekanntlich durch die Aufstellung der sogenannten *allgemeinen Relativitätstheorie*, die, ebenso wie die frühere, seitdem als die *spezielle* bezeichnete Relativitätstheorie das Werk *Einsteins* ist.

Wie die spezielle Relativitätstheorie auf der Überwindung des Vorurteiles einer absoluten Zeit beruht, so ist die allgemeine Relativitätstheorie bekanntlich aus der Erkenntnis hervorgegangen, daß es eine durch nichts gerechtfertigte Willkür ist, wenn die Physiker, wie es bis dahin geschehen war, bei der vierdimensionalen Beschreibung der physikalischen Vorgänge ihren Betrachtungen die sogenannte *euklidische Geometrie* zugrunde legen. Vom Standpunkte der allgemeinen Relativitätstheorie sind vielmehr alle *nicht-euklidischen Geometrien* an sich *gleich berechtigt*, während die euklidische nur als ein Sonderfall erscheint¹⁰⁾. Die Formeln der Physik wie über-

⁹⁾ Vgl. den in dieser Zeitschrift (1918, Planckheft) erschienenen Aufsatz von *Paul S. Epstein*: „Anwendungen der Quantenlehre in der Theorie der Serienspektren“.

¹⁰⁾ Vgl. neben dem in Anm. 4 erwähnten Aufsatz: *Freundlich*, „Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie“ (diese Zeitschrift 1916 und erweiterte Sonderausgabe Springer 1917); ferner die gemeinverständliche Schrift von *Einstein* selbst: „Die spezielle

haupt die Regeln der Vektoranalysis mußten durch diese Erweiterung allerdings neue, viel allgemeinere Formen annehmen.

Nun sind aber (worauf hier nicht näher eingegangen werden soll) die Maßverhältnisse in einer beliebigen vierdimensionalen Geometrie gegeben durch einen vierdimensionalen symmetrischen Tensor, also eine Größe von ganz demselben Charakter, wie es der vorhin besprochene Energietensor ist. Ein derartiger vierdimensionaler Tensor bestimmt vollkommen die Maßverhältnisse oder, wie man auch sagt, die metrischen Verhältnisse in der betreffenden Geometrie und wird darum als der *metrische Fundamentaltensor* bezeichnet. Denkt man sich ihn in der vierdimensionalen räumlich-zeitlichen Mannigfaltigkeit nicht konstant, sondern denkt man sich seine Komponenten selbst als Funktionen der vier Koordinaten, so gelangt man zu der Vorstellung eines *metrischen Feldes*, und *Einsteins* genialer Gedanke war es ja nun bekanntlich, dieses metrische Feld als *Gravitationsfeld* zu interpretieren. Dies tat *Einstein*, indem er den metrischen Fundamentaltensor als *Gravitationspotential* deutete. Die zehn Komponenten des metrischen Fundamentaltensors bestimmen danach in derselben Weise das Gravitationsfeld, wie das elektromagnetische Feld durch die vier Komponenten des Viererpotentials gegeben ist. Aus dieser Auffassung resultieren (worauf hier nicht näher eingegangen werden soll) *zehn Gravitationsgleichungen*, die in eine einzige symbolische tensorielle Gleichung zusammengefaßt werden können und die die Verallgemeinerung des Newtonschen Gravitationsgesetzes darstellen.

So erscheint das ganze System der Physik auf 14 Gleichungen zurückgeführt, 10 Gravitationsgleichungen und 4 elektromagnetische, und andererseits erscheinen auch wiederum alle physikalischen Zustandsgrößen durch 14 Komponenten bestimmt, nämlich durch die zehn Komponenten des Gravitationspotentials und die vier Komponenten des elektromagnetischen Potentials. Noch in demselben Jahre, in dem die allgemeine Relativitätstheorie entstand, noch im Jahre 1915, hat aber nun *Hilbert* gezeigt¹¹⁾, daß unter diesen 14 Gleichungen *nur zehn* voneinander *unabhängig* sein können, daß also *die elektromagnetischen Feldgleichungen eine mathematische Konsequenz der Gravitationsgleichungen* sein müssen. Es müssen daher die elektromagnetischen Erscheinungen und damit die ganze Physik auf den Wirkungen des als Gravitationsfeld interpretierten metrischen Feldes beruhen. So sind durch die neueste Auffassung nicht nur Raum und Zeit, vielmehr *Raum, Zeit und Materie* zu einer unlöslichen „Union“ verknüpft.

und die allgemeine Relativitätstheorie“ (Sammlung Viegweg 1917). Für ein tieferes Eindringen in die allgemeine Relativitätstheorie kommt vor allem in Betracht das Buch von *Weyl*: „Raum — Zeit — Materie“ (Verlag Springer, 1918).

¹¹⁾ „Die Grundlagen der Physik“, Göttinger Nachrichten 1915.

Ihren exakten Ausdruck findet aber nun diese Verknüpfung eben in den zehn Gravitationsgleichungen; in ihnen ist die Materie durch den *Energietensor* charakterisiert. Von dessen Komponenten stellt, wie schon erwähnt, die eine mit dem Index 4,4 die *Energiedichte* dar; drei andere (bei denen der Index 4 nur einmal vorkommt, während der andere Index 1, 2 oder 3 ist) bedeuten die *Impulsdichte*, also die in der Volumeneinheit enthaltene Bewegungsgröße; die übrigen sechs stellen aber die Normaldrucke der Tangentialspannungen dar, die in dem als Materie gedeuteten elektromagnetischen Felde vorhanden sind. Der Energietensor ist die einzige sozusagen physikalische Größe, die in den Gravitationsgleichungen vorkommt. Sonst enthalten diese nur den metrischen Fundamentaltensor und solche Ausdrücke, die aus ihm durch rein mathematische Differentialoperationen ableitbar sind. Aus dem metrischen Fundamentaltensor ist also der die Materie charakterisierende Energietensor in ähnlicher Weise durch reine Rechenoperationen ableitbar, wie aus dem Viererpotential der die Elektrizität charakterisierende Viererstrom.

So sind alle physikalischen Gesetze schließlich zurückgeführt auf das einzige Problem der Metrik der als *Minkowskiewelt* bezeichneten vierdimensionalen räumlich-zeitlichen Mannigfaltigkeit. Die Frage der Grundlagen der Physik erscheint dadurch auf das engste verknüpft mit der alten Frage der *Grundlagen der Geometrie*, und von einer tieferen Erfassung dieses letzteren Problems darf vielleicht dann auch die Lösung verschiedener heute noch nicht geklärter, wohl aber ungemein wichtiger Grundfragen der Physik erhofft werden. Eine der wichtigsten Zukunftsaufgaben, die in dieser Hinsicht der physikalischen Axiomatik gestellt ist, ist wohl die Einfügung der *Quantentheorie* in das System der allgemeinen Relativitätstheorie.

Bei der Inangriffnahme dieser Aufgabe müßte die physikalische Axiomatik offenbar an einen Gedanken anknüpfen, den schon um das Jahr 1850 der Mathematiker *Riemann* in seiner berühmten Abhandlung*) über die Grundlagen der Geometrie geäußert hat; daß nämlich das Objekt der Geometrie auch eine *diskontinuierliche Mannigfaltigkeit* sein könnte. Andererseits hat ja nun der die Materie charakterisierende Energietensor die physikalische Dimension der Energiedichte. Da das Produkt aus Energie und Zeit bekanntlich *Wirkung* genannt wird, hat demnach das Integral des Energietensors über ein beliebiges Gebiet der Minkowskiewelt die Dimension einer noch mit der Lichtgeschwindigkeit multiplizierten Wirkung. Wäre aber die die Minkowskiewelt darstellende Mannigfaltigkeit selbst diskontinuierlich aufzufassen, dann würde es begreiflich sein, warum die bei bestimmten physikalischen Prozessen auftretende Menge an Wirkung notwen-

*) *Riemann, B.*, Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen. Neu herausgegeben und erläutert von *H. Weyl*. Berlin, J. Springer, 1919.

digerweise ein ganzzahliges Vielfaches eines *elementaren Wirkungsquantums* sein müßte.

Die Auffassung der Minkowskiwelt als einer diskontinuierlichen Mannigfaltigkeit würde es vielleicht auch verständlich machen, warum in mancher Hinsicht auch eine bestimmte Elektrizitätsmenge, das sogenannte *elektrische Elementarquantum*, eine ausgezeichnete Rolle zu spielen scheint. So würde vielleicht auch der Widerspruch seine Lösung finden, der zwischen den Versuchsergebnissen von *Ehrenhaft*¹²⁾ und der zu der Forderung unteilbarer Elektrizitätsatome übertriebenen Elektronenhypothese besteht.

Andererseits scheint aber auch das Problem des elektrischen Elementarquantums nur einen Teil eines viel allgemeineren Problems zu bilden, dessen Inangriffnahme ebenfalls eine wichtige Aufgabe der physikalischen Axiomatik sein wird; es ist das Problem des *Zusammenhanges zwischen den universellen Konstanten der Physik*. Auch die Lösung dieser Frage darf vielleicht erhofft werden von einer tieferen Erkenntnis der von *Hilbert* erst angedeuteten Beziehungen zwischen Gravitation und Elektrizität und von einer Verknüpfung dieser Beziehungen mit der Quantenhypothese.

So weist die allgemeine Relativitätstheorie der physikalischen Axiomatik neue Wege für eine erfolgversprechende Weiterentwicklung. Denn alle physikalische Gesetzmäßigkeit ist nunmehr als in ihrem innersten Wesen mathematische Gesetzmäßigkeit erfaßt. Und schließlich werden die sogenannten Axiome der Physik einst vielleicht nichts weiter sein als eine Art Wörterbuch, das notwendig ist, um die aus der geometrischen Axiomatik folgenden rein mathematischen Eigenschaften der Minkowskiwelt in die Sprache übersetzen zu können, deren sich die auf die *sinnliche Erfahrung* gegründete Experimentalphysik bedient.

Über die Beziehungen der Keimdrüsen zu den sekundären Geschlechtsmerkmalen.

Von Dr. Leopold v. Ubisch, Würzburg.

Als Geschlechtsmerkmale bezeichnet man gewöhnlich alle Merkmale, von denen man einen Rückschluß auf das Geschlecht ihres Trägers ziehen kann. Die logische Folge ist, daß es sich nur um Merkmale handeln kann, die bei beiden Geschlechtern verschieden sind. Es ergibt sich daraus eine Gleichstellung der Begriffe Geschlechtsmerkmale und Geschlechtsunterschiede.

Es wird dann weiter eingeteilt in primäre — das sind die Keimdrüsen — und sekundäre — die übrigen — Merkmale.

Die sekundären Merkmale sind von *Hunter*

definiert worden als solche, die sich nur auf ein Geschlecht vererben und nicht Reproduktionsorgane sind. Wir werden zum Schluß unserer Ausführungen näher darauf zu sprechen kommen, wie weit diese Definitionen zutreffend sind.

Zu den sekundären Geschlechtsmerkmalen gehören nach dem oben Gesagten Organe, die in so enger Beziehung zu den Keimdrüsen stehen, wie Ausführungsgänge, Kopulations- und Brutpflegeorgane, daß zweifelhaft erscheinen kann, ob man sie als sekundär bezeichnen darf.

Brandt und *Laurent-Kurella* führen sie daher als gesonderte Gruppe auf. Danach müßten wir unterscheiden:

1. primäre Geschlechtsmerkmale = Keimdrüsen;
2. sekundäre Geschlechtsmerkmale = Ausführungsgänge usw.;
3. tertiäre Geschlechtsmerkmale = die übrigen Merkmale.

Diese Einteilung dürfte kein Fortschritt sein. Durch die Dreiteilung entstehen lediglich wieder Grenzgebiete, die nicht minder zweifelhaft sind als die, welche man vermeiden will. Es wird ferner dadurch der durch die Worte „primär“ und „sekundär“ treffend bezeichnete Unterschied verwischt zwischen den Organen, welche die Geschlechtsprodukte hervorbringen und damit maßgebend sind für das Geschlecht ihres Trägers und denen, welche nur Attribute des Geschlechts sind.

Allerdings haben die Bezeichnungen primär und sekundär noch einen andern Sinn. Man wollte damit ausdrücken, daß die Keimdrüsen die primär entstandenen sind und unter ihrem Einfluß sich erst sekundär die übrigen Merkmale entwickelten. Nach unsern heutigen Kenntnissen muß diese Vorstellung zurückgewiesen werden.

Dagegen ist es zweckmäßig, mit *Schulze* und *Poll* die sekundären Merkmale in 2 Gruppen zu teilen. Wir erhalten demnach folgende Einteilung:

Differentiae sexuales.

1. Essentiales sive germinales — Geschlechtsdrüsen (Gonaden);
2. Accidentales:
 - a) Genitales subsidiariae;
 - a) Internae — Leitungswege und accessorische Drüsen usw.;
 - β) Externae — Kopulations- und Brutpflegeeinrichtungen;
 - b) Extragenitales;
 - a) Internae — Stimmorgane, psychische Unterschiede und dergl.;
 - β) Externae — Unterschiede der Körperbedeckung, Bewaffnung, Färbung usw.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die sekundären Merkmale voll ausgeprägt sind, wenn ihr Träger sich auf der Höhe der geschlechtlichen Entwicklung befindet.

Hierbei gibt es zwei Fälle. Bei einer Gruppe

¹²⁾ Vgl. die in dieser Zeitschrift hierüber erschienenen Aufsätze von *König* (1917) und *Konstantinowsky* (1918).

von Tieren bleibt nach Erlangung der Geschlechtsreife ein dauernd brünstiger Zustand bestehen, bei der andern finden regelmäßige jährliche oder häufigere Brunstperioden statt. In beiden Fällen entspricht dem brünstigen Zustand die Ausbildung der sekundären Merkmale. Es sei hier an den Kamm der männlichen Molche, an die Laichfarben der Fische, die größere Erregung und Kampflust der Männchen erinnert.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen mögen einige Beispiele aus der großen Zahl von bekannten Tatsachen aufgeführt werden, die das Verhältnis der Keimdrüsen zu den sekundären Merkmalen beleuchten.

Ich wende mich zunächst den Arthropoden, und zwar den Schmetterlingen, zu. Sie fordern zu Versuchen auf unserem Gebiet durch ihren ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus heraus. Geht derselbe doch so weit, daß oft nicht nur Männchen und Weibchen derart unterschieden sind, daß man beide ohne Kenntnis ihrer Entwicklung für verschiedene Arten erklären würde, sondern es finden sich sogar häufig bei ein und derselben Spezies mehrere gänzlich verschiedene Weibchenformen.

Das klassische Versuchsobjekt, mit dem besonders *Oudemans*, *Meisenheimer*, *Copec* und *v. Ubisch* gearbeitet haben, ist *Lymantria*, ein Spinner. Die Weibchen sind groß, die Flügel weißlich, die Männchen kleiner, die Flügel bräunlich. Auch die Fühler sind verschieden gestaltet.

Zunächst wurde die Wirkung experimenteller Kastration geprüft. Die Operation wird im Raupenstadium ausgeführt. Zu dieser Zeit sind die Flügel als sogenannte Imaginalscheiben im Körper der Raupe angelegt. Ein Einfluß der Kastration konnte nicht festgestellt werden. Die Weibchen blieben ihrem Habitus nach vollkommene Weibchen, die Männchen dementsprechend Männchen.

Der zweite Schritt ist Transplantation der Gonaden des einen Geschlechts auf das vorher kastrierte andere. Die transplantierten Keimdrüsen heilen vollkommen ein, sie können sogar mit den verbliebenen Ausführungsgängen der ursprünglichen Keimdrüse verwachsen. Ei- und Spermiabildung im fremden Körper geht normal vor sich. Trotzdem werden die sekundären Merkmale nicht beeinflusst. Weder Farbe noch Größe der Flügel ändern sich, noch wird die bei beiden Geschlechtern vorhandene Verschiedenartigkeit der Blutflüssigkeit beeinflusst.

Bezüglich der Flügel könnte der Einwand gemacht werden, daß sie schon als Imaginalscheiben so weit fixiert wären, daß eine Beeinflussung nicht mehr möglich sei.

Der dritte Schritt ist daher folgender: Junge Räumchen werden kastriert und die Gonaden des anderen Geschlechts implantiert. Nachdem sie eingeheilt sind, werden die Imaginalscheiben exstirpiert. Während diese nun regenerieren, kann die

fremde Gonade auf ganz embryonales Gewebe wirken. Auch jetzt bleibt das Resultat völlig negativ. Es findet keine Beeinflussung der sekundären Merkmale statt. Eine geringe Änderung der Flügelfärbung, die *Meisenheimer*, *Copec* und *Prell* in einer Anzahl von Fällen beobachteten, können wir unberücksichtigt lassen, da sie auch bei normalen Tieren vorkommt und sich auch auf andere Weise erklären läßt als durch den Einfluß der Gonaden.

Als zweites Beispiel seien die Krebse herangezogen. Wir finden bei einigen Formen, wie *Palämon* und *Eupagurus*, das Vorkommen parasitärer Kastration. Die genannten Krebse werden von anderen parasitären Krebsen befallen, wobei die Keimdrüsen des Wirts völlig oder fast völlig zerstört werden.

Die Weibchen und Männchen von *Palämon* unterscheiden sich hauptsächlich durch die Größe ihrer Scheren. Werden nun Männchen von den Parasiten befallen, so gewinnen die Scheren weiblichen Charakter. Ja, die Veränderung kann noch weiter gehen. Wenn Teile des Hodens erhalten blieben und von ihnen aus später die Hoden regeneriert wurden, so können sich in denselben Eier bilden. Es findet also eine weitgehende Umkehrung des Geschlechts statt.

Werden dagegen Weibchen infiziert, so werden diese nicht etwa männchenähnlich, sondern sozusagen Überweibchen, was sich besonders in verfrühter Geschlechtsreife ausprägt.

Die Erklärung dieser Erscheinung ist nach *Biedl* wahrscheinlich folgende: Die Parasiten sind stets Weibchen. Während des Parasitismus wird die biochemische Differenz zwischen beiden Formen, die ja an sich schon nicht allzu groß ist, da es sich, wie gesagt, beim Wirt und Parasit um Krebse handelt, aufgehoben. Die Parasiten geben weibliche Substanzen an den Körper des Wirts ab, seinen Charakter dadurch beeinflussend.

Für uns ist das entscheidende Resultat, daß tatsächlich bei Krebsen die sekundären Merkmale durch den Ausfall der ursprünglichen Keimdrüsen oder Einfluß der fremden weiblichen Gonaden beeinflusst werden.

Ich muß hier eine kleine Abschweifung auf das Gebiet der biochemischen Differenz machen. Ihre Aufhebung spielt bei dem eben beschriebenen Fall die entscheidende Rolle, denn ohne dieselbe würde es kaum gelingen, die Sexusmerkmale einer Art durch die der anderen zu beeinflussen. Versuche von *Harms* haben nun sehr klar die Bedeutung dieses Faktors erwiesen.

Harms transplantierte die Daumenschwiele, ein zyklisches sekundäres Merkmal der männlichen Frösche, auf andere kastrierte Exemplare, die von kastrierten Fröschen auf normale, um die Wirkung der inneren Sekretion zu studieren. Uns interessiert an dieser Stelle nur, daß die Schwielen zwar einheilten, nach einiger Zeit aber weitgehend degenerierten. Diesen Vorgang konnte *Harms* aber aufhalten, wenn er Blut-

injektionen von dem Tier, von dem die Schwiele stammte, auf das andere ausführte. Bei den Versuchen waren immer wiederholte Injektionen nötig.

Bei den Krebsen hat die Natur das Experiment ungleich vollkommener durch die dauernde Verbindung der beiden Individuen mittelst des Parasitismus ausgeführt.

Von den Würmern sei der Regenwurm besprochen, der ein in mehrfacher Hinsicht interessantes Objekt ist. Einige Segmente desselben sind durch Drüseneinlagerung zu dem sogenannten Clitellum verdickt, das in der Begattungszeit anschwillt und zur Erleichterung der Kopulation und zur Abscheidung von Sekreten dient.

Wenn man Regenwürmer kastriert, entwickelt sich in der Parungszeit das Clitellum nicht.

Dies Faktum wird durch den Umstand besonders interessant, daß die Regenwürmer Zwitter sind. Es erhebt sich also die Frage, ob es möglich ist, daß ein sekundäres Geschlechtsmerkmal in gleicher Weise von den beiderlei Gonaden beeinflusst werden kann, oder ob es trotz des Vorhandenseins beider Keimdrüsen nur von einer derselben beherrscht wird.

Die Versuche ergeben, daß das Clitellum nicht entwickelt wird:

1. bei völliger Kastration;
2. bei Exstirpation der Hoden.

Werden dagegen die Ovarien entfernt, die Hoden aber gelassen, so wurde das Clitellum normal entwickelt. Es muß also als ein männliches sekundäres Merkmal angesehen werden.

Ich wende mich nun den Vertebraten, und zwar den Fröschen zu.

Bei den männlichen Fröschen treten zur Zeit der Brunst die sogenannten Daumenschwielen auf, und die Oberarmmuskeln werden stark entwickelt. Beides dient zum Festhalten der Weibchen bei der Begattung.

Nach Kastration der Männchen bleibt der Begattungstrieb aus, und die erwähnten Organe verharren in reduziertem Zustand. Allerdings lassen sich in den normalen Zyklen Veränderungen der Daumenschwielen auch nach der Kastration noch erkennen, aber bedeutend schwächer als an normalen Tieren.

Auch gewisse Brunsttöne des Männchens, die man an normalen Tieren leicht auslösen kann, werden nach erfolgter Kastration nicht mehr oder nur noch heiser und mit Mühe ausgestoßen.

Andererseits kann man durch Transplantation oder Injektion von Keimdrüsensubstanz die Folgen der Kastration wieder aufheben. Es genügt sogar beim Männchen Injektion von Ovarialschubstanz, wenn sie auch schwächer wirkt als Hodenschubstanz, ein wichtiges Faktum, auf das ich später zurückkomme.

Bei den Säugetieren sind die Folgen der Kastration von den Haustieren und vom Menschen her allgemein bekannt. Die wissenschaftlichen Versuche sind besonders an Ratten und Meer-

schweinchen ausgeführt. Beide Geschlechter zeigen nach Kastration weitgehende Veränderungen. Die Brunstinstinkte erlöschen, die rauhen Haare der Männchen werden weicher, auch die Zellen, die beim Männchen größer sind als beim Weibchen, nehmen Mittelgröße an u. dergl. mehr.

Bekanntlich treten bei alternden Individuen oft Charaktere des anderen Geschlechts auf. Ich erinnere an die Hahnenfedrigkeit alter Hennen, an den Bartwuchs beim Weibchen. Da diese Erscheinungen mit dem Aufhören der Funktion der Keimdrüsen zeitlich zusammenfallen, muß man sie in demselben Sinne deuten wie die Folgen der Kastration.

Zusammenfassend kann man für die Wirbeltiere sagen: Wird die Kastration *vor* der Geschlechtsreife ausgeführt, so bleiben die sekundären Merkmale in dem gerade erreichten Zustande der Entwicklung stehen; wird sie *nach* Erlangung der Geschlechtsreife vorgenommen, so werden die sekundären Merkmale rückgebildet.

Man könnte aus den angeführten Beobachtungen den Schluß ziehen, daß bei den Schmetterlingen überhaupt keine Abhängigkeit, bei den anderen Formen dagegen in allen Fällen eine solche besteht. Es ist jedoch zu bedenken, daß die Versuche an Insekten noch sehr spärlich sind, andererseits bei den Wirbeltieren verschiedene Fälle der Unabhängigkeit vorkommen. So wurde schon erwähnt, daß bei den Fröschen die normalen Zyklen der Daumenschwielenentwicklung trotz der Kastration erhalten bleiben, wenn auch in abgeschwächtem Zustand. Bei den Hähnen wird trotz der Kastration das Wachstum der Sporen nicht gehemmt, ebenso werden die Sichelfedern am Schwanz ausgebildet. Überhaupt scheint die Kastration keinen Einfluß auf die Ausbildung des sogenannten Hochzeitskleides der Vögel auszuüben. Diese Beispiele ließen sich noch vermehren.

Wir haben nunmehr einen gedrängten Überblick über die Abhängigkeit der sekundären Geschlechtsmerkmale von den primären gewonnen und wenden uns folgender Frage zu: Auf welchem Wege findet die Beeinflussung statt?

In den Gonaden der höheren Wirbeltiere findet sich außer den Gewebekomplexen, die die Keimzellen produzieren, das sogenannte interstitielle Gewebe. Es besteht aus platten Bindegewebszellen und aus rundlichen, protoplasma-reichen Zellen, die mit Sekretgranulis und Fetttropfchen beladen sind. Das Ganze hat drüsige Beschaffenheit.

Über den Ursprung des Interstitiums herrscht keine völlige Übereinstimmung. Nach Bouin und Ancel, denen sich andere neuere Autoren anschließen, ist zwischen einem fötalen und postfötalen Interstitium zu unterscheiden. Das erstere soll gleichen Ursprungs wie das Keimzellengewebe sein, das postfötale oder sekundäre von einwandernden Lymphzellen gebildet werden.

Besonders stark ausgebildet ist es während der geschlechtlich wichtigen Perioden. Beim Menschen zum Beispiel während der eintretenden Geschlechtsreife und der Schwangerschaft, bei den Tieren in der Brunstzeit. Das Interstitium könnte nun eine trophische oder eine innersekretorische Funktion haben. Möglich wäre, daß das primäre Interstitium eine Rolle bei der Geschlechtsbestimmung, das sekundäre eine trophische Rolle spielt. Hierfür spricht, daß Fortsätze der interstitiellen Zellen bis in die Samenzellen beobachtet wurden.

Hier sei erwähnt, daß bei den männlichen Kröten außer dem Interstitium noch ein weiteres drüsiges Organ vorhanden ist, das sogenannte Biddersche Organ. Auch über seine Natur ist völlige Klarheit nicht geschaffen. Gewöhnlich wird es für ein rudimentäres Organ angesehen.

Die Frage ist also: Werden die sekundären Merkmale von dem Interstitium bzw. Bidderschen Organ oder von den Keimzellen selbst beeinflusst?

Da es bei den Evertebraten kein Interstitium gibt und wir bei Würmern und Krebsen trotzdem ein Abhängigkeitsverhältnis der sekundären von den primären Merkmalen festgestellt hatten, ist zu erwarten, daß die Antwort zugunsten der Keimzellen ausfällt. Immerhin ist dieser Schluß nicht zwingend. Denn erstens könnte das Interstitium bei den Evertebraten durch andere Gewebe vertreten sein, zweitens wäre es denkbar, daß bei den Wirbeltieren eine Arbeitsteilung eingetreten ist.

Es ist nun experimentell möglich, die Keimzellen durch Abbinden oder Röntgenbestrahlung, wie es *Tandler*, *Groß* u. a. ausgeführt haben, zu zerstören, und es zeigte sich dann, daß das noch vorhandene nicht geschädigte Interstitium genügt, um die sekundären Merkmale zu beeinflussen. Dasselbe gilt bei den Kröten für das Biddersche Organ.

In demselben Sinne spricht die Tatsache, daß bei Kryptorchen, bei denen keine Spermatogenese stattfindet, das interstitielle Gewebe dagegen wohl entwickelt ist, die sekundären Merkmale gut ausgebildet sind.

Auch bei Gonadentransplantationen, bei denen in manchen Fällen keine Keimzellen entwickelt werden oder schon vorhandene atrophieren, fand *Steinach*, daß das Interstitium zur Beeinflussung der sekundären Merkmale genügt.

Den Gegenbeweis kann man leider nicht führen, da es nicht gelingt, das Interstitium zu vernichten unter Erhaltung der Keimzellen.

Da nun wohl sicher feststeht, daß die Keimzellen und wenigstens Teile des Interstitiums gleichen Ursprungs sind, da ferner beide drüsigen Charakters sind, da drittens bei den Evertebraten die Keimzellen, bei den Vertebraten das Interstitium zur Beeinflussung genügt, ist vielleicht

der Schluß erlaubt, daß beide die sekundären Merkmale beeinflussen.

Als die Wechselwirkungen zwischen primären und sekundären Merkmalen die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich zogen, war man zunächst geneigt, die Nerven als Vermittler anzusehen. Heute ist dagegen wohl die Anschauung allgemein, daß es sich um innere Sekretion handelt. Wir stellen uns also vor, daß die Gonaden Sekrete an die Blutbahnen abgeben. Diese, die sogen. Hormone, beeinflussen dann wiederum die in Wechselwirkung mit den Keimdrüsen stehenden Organe.

Die oben beschriebenen Wirkungen der Kastration machen eine innere Sekretion ja schon sehr wahrscheinlich. Immerhin kann man sie nur als negativen Beweis ansehen, indem sie zeigen, daß bei Fehlen der Gonaden auch die sekundären Merkmale nicht entwickelt oder rückgebildet werden.

Der positive Beweis wird dagegen durch die Transplantation erbracht.

Als erster hat *Berthold* um 1850 gefunden, daß bei Transplantation von Hoden auf kastrierte Hähnchen die schädigenden Wirkungen der Kastration aufgehoben wurden. Dasselbe hat man später bei Transplantation oder Injektion von Keimdrüsenextrakt an Säugern gefunden.

Besonderes interessant sind Versuche von *Steinach*, der auf kastrierte männliche Ratten und Meerschweinchen Ovarien transplantierte und umgekehrt auf kastrierte Weibchen Hoden. Die sekundären männlichen Merkmale wurden dann nicht zur Entwicklung angeregt, sondern die ursprünglich indifferent gebliebenen weiblichen wie Brustwarzen, Größe, Kopfform, Haare, Fettansatz usw. Die Operation selbst ist an dieser Wirkung nicht etwa schuld, da im Fall der Resorption der transplantierten Ovarien die männlichen sekundären Merkmale wieder mehr hervortraten.

Bewiesen ist also die positive und negative Einwirkung der Keimdrüsen. Gegen die Beteiligung der Nerven spricht, daß die Implantate ja nicht mit den ursprünglichen Nerven in Verbindung stehen. Immerhin könnten neue Nerven hineinwachsen. Dagegen kommt diese Möglichkeit bei Injektionen nicht in Frage, und schließlich haben *Nußbaum*, *Harms* u. a. Nervendurchschneidungen ausgeführt und gezeigt, daß das Vorhandensein der Nerven nicht maßgebend ist. Dasselbe Resultat ergaben Auto- und Homotransplantationen von Daumenschwielen der Frösche. Die Schwielen heilen innerhalb weniger Tage ein, während Nerven erst später hinzutreten. Trotzdem werden reduzierte Schwielen auf brünstigen Fröschen zur Entwicklung angeregt, Schwielen brünstiger Frösche auf Kastraten reduziert.

Noch tieferen Einblick in diese Verhältnisse haben Versuche auf einem Gebiet ergeben, das von vornherein als besonders schwierig erscheinen mußte. Es bereitet nämlich die Beeinflus-

sung von Organen durch Sekrete der Vorstellung fast weniger Schwierigkeiten, als die Beeinflussung der Instinkte.

Kleinhans konnte nachweisen, daß in den distalen Teilen der Corpora bigemina und im Kleinhirn der Frösche Hemmungszentren für den Klammerreiz, der bei der Begattung ausgelöst wird, vorhanden sind. Werden diese Zentren operativ entfernt, so findet eine dauernde Klammerung statt. Man müßte also annehmen, daß diese Teile des Hirns normalerweise durch innere Sekretion beeinflußt werden, wobei sich Sekrete der Keimdrüsen im Hirn ansammeln.

Die Versuchsreihe ist folgende:

1. Die Frösche werden kastriert. Dann klammern sie nicht, weil kein Sekret ausgeschieden und im Hirn angesammelt werden kann.

2. Injiziert man nun Gonadensubstanz, so wird der Klammerreiz ausgelöst, weil die nötigen Sekrete geliefert werden.

3. Injiziert man statt Gonadensubstanz Hirnsubstanz brünstiger Frösche, so wird der Klammerreiz ebenfalls ausgelöst. Folglich müssen im Hirn dieselben Substanzen vorhanden sein wie in den Keimdrüsen.

Wir wenden uns nunmehr der interessanten Frage zu, wie sich die angeführten Beobachtungen zu einem einheitlichen Bild zusammenfassen und etwaige Widersprüche erklären lassen.

Zunächst wollen wir erörtern, wie es kommt, daß, nachdem einmal die Wirkung der inneren Sekretion der Keimdrüsen festgestellt ist, gewisse Merkmale, wie die Farbe der Schmetterlingsflügel, nicht beeinflußt werden.

Diese Frage steht in engstem Zusammenhang mit der nach der Entstehung der Geschlechtsmerkmale überhaupt.

Einige Typen mögen uns ein Bild von ihrer möglichen Entwicklung geben.

Bei dem Wimperinfusor *Paramäcium* finden wir noch keine äußerlich erkennbare geschlechtliche Differenzierung.

Bei der Konjugation legen sich zwei Tiere aneinander. Es finden dann komplizierte Kernteilungsvorgänge statt, deren Resultat schließlich ist, daß in jedem Tier ein Kern übrig bleibt. Dieser teilt sich, und der eine Tochterkern jedes Individuums wandert in das andere Tier hinüber, wo er mit dem andern stationär gebliebenen Tochterkern verschmilzt. Äußerlich können wir auch an den beiden Tochterkernen keine Unterschiede wahrnehmen. Aus ihrem verschiedenen Verhalten müssen wir dagegen auf eine physiologische Verschiedenheit schließen. Dies ist also ein Anfang geschlechtlicher Differenzierung.

Als zweites Beispiel diene wiederum der Regenwurm. Es sind Eier und Sperma vorhanden, aber noch in demselben Individuum untergebracht. Ebenso sind bereits sekundäre Geschlechtsmerkmale wie das besprochene Clitellum ausgebildet. Wir hatten gesehen, daß das Clitel-

lum ein rein männliches Merkmal ist. Nehmen wir nun an, daß sich aus den hermaphroditen Regenwürmern getrennt geschlechtliche Formen entwickelten, ein Vorgang, der bei andern Würmern sich zweifellos abgespielt hat, so würden Hoden und Ovarien natürlich auf die Männchen resp. Weibchen beschränkt werden. Was würde nun mit dem Clitellum geschehen? Vererbt würde es zweifellos auf sämtliche Nachkommen, entwickeln könnte es sich aber nur bei den Männchen, da wir gesehen hatten, daß zu seiner Ausbildung die Anwesenheit von Hoden erforderlich ist. Wir hätten also getrennt geschlechtliche Würmer mit dem Clitellum als sekundären Geschlechtsmerkmal bei den Männchen.

Dies ist der Zustand, den wir in der Natur in der überwältigenden Menge der Fälle finden: sekundäre Merkmale, die geschlechtsbegrenzt sind und in enger Beziehung zu den Keimdrüsen stehen.

Weiterhin kann dann eine physiologische Lösung der sekundären Merkmale von den Gonaden erfolgen, so daß das sekundäre Merkmal seine Besonderheit als Sexusmerkmal verliert und zu einem geschlechtsbegrenzten Artmerkmal wird. Dies ist der Fall bei den vielbesprochenen Schmetterlingen. Aber mit der physiologischen Unabhängigkeit hat es nicht sein Bewenden. Es gelingt nämlich durch geeignete Versuchsanordnung, die sekundären Merkmale des einen Geschlechts bei dem andern in Erscheinung treten zu lassen.

Goldschmidt kreuzte 2 Varietäten von *Lymantria*, nämlich *dispar* und *japonica*, die sich äußerlich unterscheiden, und erhielt bei $\text{dispar} \times \text{japonica}$ in der ersten Tochtergeneration u. a. gynandromorphe Weibchen, d. h. Weibchen mit männlichen sekundären Merkmalen.

Er erklärt diesen Befund, indem er folgende Erbfaktorenformel für die sekundären Geschlechtsmerkmale aufstellt:

	<i>dispar</i>	<i>japonica</i>
♀	$GG Aa$	♀ $GG Aa$
♂	$GG AA$	♂ $GG AA$

G bedeutet den Faktor weiblich, A den Faktor männlich.

Wir sehen, daß die Männchen homozygot sind, das heißt beide Faktoren doppelt besitzen, die Weibchen sind für den Faktor A heterozygot, da a nach der üblichen Schreibweise das Fehlen des Faktors A bedeutet.

Ferner setzt *Goldschmidt* voraus, daß A epistatisch über G ist, d. h. wenn beide zusammenkommen, gibt A den Ausschlag.

Also $A > G$,
aber $GG > A$,

ebenso bei *japonica*:

$$A > G \\ GG > A.$$

Man kann nun, um sich die Sache anschau-

licher zu machen, Zahlen einsetzen. *Goldschmidt* tut dies, wie folgt:

$$G = 40, A = 60, G = 80, A = 120.$$

Die japonica-Faktoren haben also eine größere Potenz als die von dispar, was damit übereinstimmt, daß japonica überhaupt größer und kräftiger ist als dispar. Auch sollen die Chromosomen von japonica größer sein.

Kehren wir nun zu unserer Kreuzung dispar ♀ × japonica ♂ zurück, so haben wir folgende Formeln zu kombinieren:

$$GGAa \times GGAa.$$

Die Gameten sind

$$\begin{array}{l} GA \times GA \\ Ga \times GA \end{array}$$

Das gibt in F_1

$$\begin{array}{l} GGAa \\ GGAa \end{array}$$

und

$GGAa$ ist ein ♂, da wir Homozygotie wie in der Ausgangsformel haben. Setzen wir nun die Zahlen ein:

$$40 + 80 / 120 + 60 = 120 : 180.$$

Die männlichen sekundären Merkmale überwiegen, wir erhalten ein Männchen mit männlichen sekundären Merkmalen.

$GgaA$ ist ein ♀, da wir Heterozygotie für A haben wie in der Ausgangsformel. In Zahlen:

$$40 + 80 / 120 = 120 : 120.$$

Die sekundären Merkmale halten sich also das Gleichgewicht, wir erhalten ein Weibchen mit gemischt männlichen und weiblichen sekundären Charakteren.

Was wir nun hier unter besonderen Verhältnissen erreichen können, Übertragung eines zum Artmerkmal gewordenen sekundären Geschlechtsmerkmals auf das andere Geschlecht, das finden wir in der Natur in gewissen Fällen als Regel.

Während bei den meisten Cerviden das Geweih nur im männlichen Geschlecht vorkommt, gibt es bei den Rentieren Rassen, bei denen entweder nur die Männchen Geweih haben oder 2. die Männchen große, die Weibchen kleinere oder 3. Männchen und Weibchen gleich große.

Noch etwas weiter geht die Entwicklung bei den Boviden. Während wir aus dem Pliocän noch weibliche Rinder ohne Hörner kennen, haben unsere jetzt lebenden zahmen und wilden, männlichen und weiblichen Boviden alle Hörner. Daß nicht nur die Geschlechtsbegrenztheit aufgehoben, sondern auch die physiologischen Beziehungen zu den Gonaden gelöst sind, läßt sich daraus entnehmen, daß nach der Kastration die Rengeweih und Bovidenhörner normal entwickelt werden, während die Geweihe der übrigen Cerviden im gleichen Fall degenerieren oder nicht neu gebildet werden.

Es wäre zweifellos falsch, die Entstehung aller sekundären Merkmale nach dem Beispiel des Clitellums auf die Zeit der Zwitterigkeit zurückzuführen. Im Gegenteil hat sich zweifellos die Mehrzahl der sekundären Sexusmerkmale an ge-

trennt geschlechtlichen Tieren aus reinen Artmerkmalen entwickelt. So müssen wir uns z. B. vorstellen, daß die Vögel, welche jetzt ein Hochzeitskleid besitzen, zunächst in beiden Geschlechtern gleich gefärbt waren. Aus diesem einheitlichen Kleid hat sich dann das geschlechtsbegrenzte Hochzeitskleid entwickelt. Auf die mannigfachen Spekulationen über die Ursachen solcher Entwicklung will ich hier nicht eingehen.

Wir können also von einem Zyklus reden, indem sich aus Artmerkmalen geschlechtsbegrenzte Sexusmerkmale, aus diesen wieder geschlechtsbegrenzte und schließlich beiden Geschlechtern eigene Artmerkmale entwickeln.

In die verschiedenen Perioden dieser Zyklen lassen sich die Fälle der Schmetterlingsflügel, der Geweihe und Hörner usw. zwanglos einordnen.

Wir wenden uns nunmehr einer anderen Frage zu: Wie ist es möglich, daß bei Gonadentransplantation oder parasitärer Kastration das Geschlecht „umgekehrt“ wird?

Wir dürfen als sicher annehmen, daß jedem Individuum die Erbfaktoren für männliche und weibliche primäre und sekundäre Merkmale mitgegeben werden, wie es ja schon die *Goldschmidt'sche* Formel ausdrückt. Diese Annahme stützt sich auf gute Gründe. Zunächst sprechen dafür die cytologischen Befunde bei der Befruchtung, bei der die Chromosomen beider Eltern vereinigt werden. Ich erinnere ferner daran, daß z. B. am männlichen Säuger weibliche sekundäre Merkmale wie die Brustdrüsen angelegt, wenn auch nicht funktionierend sind. Aber auch die Keimdrüsen selbst sind bei vielen Tieren lange in einem indifferenten Zustand. So entwickeln sich in den Hoden des Frosches zunächst vielfach Eier, und ähnlich ist es bei vielen anderen Tieren.

Sogar bei den Schmetterlingen machen es gewisse Beobachtungen wahrscheinlich, daß noch im Raupenstadium eine Umkehr des Geschlechts möglich ist.

Besonders interessant sind die Versuche von *Baltzer* an *Bonellia*. Dieser Wurm besitzt große Weibchen und Zwergmännchen.

Gibt man den ausgeschlüpften Larven Gelegenheit, sich am Rüssel eines Weibchens festzusetzen, so werden alle zu Männchen. Verhindert man die Festheftung, so werden die meisten Larven zu Weibchen, einige wenige zu Männchen. Läßt man die Larven nur kurze Zeit am Rüssel festhaften, so entwickeln sie sich zu Weibchen, aber schneller als Larven, die gar nicht festgeheftet waren. Läßt man sie etwas länger am Rüssel, so entwickeln sich Weibchen mit männlichem Einschlag, läßt man sie noch länger festhaften, so werden die Tiere mehr und mehr überwiegend männlich.

Baltzer erklärt diesen Befund so, daß die Larven die Potenzen beider Geschlechter besitzen, daß aber zunächst die männliche Tendenz überwiegt. Findet dieselbe aber keinen Entwicklungsanstoß, da der weibliche Rüssel fehlt, so

überwiegt mit der Zeit mehr und mehr die weibliche Tendenz, wenigstens bei der Mehrzahl der Tiere.

Baltzer hatte ferner gefunden, daß aus dem Rüssel des Weibchens Stoffe in die Larven übertreten.

Es könnte nun überraschend erscheinen, daß gerade die Larven, die Gelegenheit hatten, sich am weiblichen Rüssel anzuheften und innersekretorisch beeinflusst zu werden, Männchen ergeben.

Die Erklärung dürfte folgende sein: Die Hormone der Gonaden haben zwar je nach ihrem Ursprung eine männliche oder weibliche Tendenz, in der Hauptsache sind sie aber einfache Entwicklungsanreger. Heftet sich nun eine junge überwiegend männlich orientierte Larve an, so wird ihre weitere Entwicklung zu einem Männchen angeregt. Löst man sie ab, findet also keine weitere Anregung statt, so überwiegt allmählich die weibliche Orientierung, und die vorübergehende Festheftung zeigt sich nur in der beschleunigten Entwicklung.

Dasselbe Resultat fanden wir an Fröschen. Es genügt nämlich zur Anregung des Wachstums der Daumenschwiele von kastrierten männlichen Fröschen nicht nur Injektionen von Hoden-, sondern, wenn auch in schwächerem Maße, von Ovarialsubstanz.

Hiermit scheint in gewissem Widerspruch zu stehen, daß bei den parasitär kastrierten Krebsen und bei den Säugetieren, auf die eine fremde Gonade übertragen wurde, nicht nur eine Anregung des ursprünglichen Geschlechts, sondern eine Umkehr stattfindet. Wir sind aber zu der Annahme berechtigt, daß wir es hier mit geschlechtlich so labilen Formen zu tun haben, daß ein geringes Überwiegen der männlichen oder weiblichen Natur des Hormons genügt, um die Merkmale des betr. Geschlechts zur Entfaltung zu bringen.

Ich komme zum Schluß auf die eingangs gegebenen Definitionen zurück. Wir sind im Laufe der Untersuchung ganz unwillkürlich dazu gedrängt worden, dann von sekundären Geschlechtsmerkmalen zu reden, wenn eine Abhängigkeit von den Gonaden nachweisbar war, von Artmerkmalen, wenn dies nicht der Fall ist.

Nun sehen wir aber, daß es gar keinen strengen Unterschied zwischen Art- und Sexusmerkmalen gibt. Aus Artmerkmalen können Geschlechtsmerkmale entstehen, und diese können wieder zu Artmerkmalen werden. Es gibt Merkmale, die auf ein Geschlecht beschränkt sind, und doch ihrer Natur nach Artmerkmale sind, und solche, die bei beiden Geschlechtern auftreten und doch Geschlechtsmerkmale darstellen, wie z. B. der bei den Vögeln oft beiden Geschlechtern zukommende Brutpflegeinstinkt. Daß Art- und Geschlechtsmerkmale nicht ihrem Wesen nach verschieden sind, wird auch dadurch klar, daß beide den Mendelschen Spaltungsregeln folgen.

Wollen wir also die Geschlechtsmerkmale als besondere Gruppe festhalten, so müssen wir entweder ein physiologisches Moment, die Abhängigkeit von den Gonaden als Kriterium ansehen oder aber sie als eine Untergruppe der Artmerkmale betrachten.

Literaturverzeichnis.

Die einschlägige, umfangreiche Literatur vergleiche besonders bei Kammerer, Harms und Goldschmidt.

Kammerer, Ursprung der Geschlechtsunterschiede. Fortschr. d. Naturw. Forschung Bd. V, 1912.

Goldschmidt, Einführung in die Vererbungswissenschaft, 2. Aufl., 1913.

Meisenheimer, Äußere Geschlechtsmerkmale und Gesamtorganismus in ihren gegenseitigen Beziehungen. Verhandl. d. Deutsch. Zool. Ges. Bd. 23, 1913.

Harms, Exper. Unters. üb. die innere Sekretion der Keimdrüsen, Jena 1914.

Baltzer, Die Best. d. Geschlechts nebst einer Analyse des Geschl.-Dimorphismus bei Bonellia. Mitt. d. Zool. St. zu Neapel Bd. 22, Heft 1, 1914.

Prell, Über die Beziehungen zwischen primären und sekundären Sexualcharakteren bei Schmetterlingen. I. u. II. Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Phys. Bd. 35, 1915.

Zur Biologie des Haustierhaares.

Von Ernst Feige.

Die Zootechnik stützt sich bei der Ausübung der Zucht meist auf die morphologischen Charaktere des Tieres, und hierbei ist Form und Farbe des Haares eines der gebräuchlichsten Hilfsmittel. Besonders beim Rinde ist die Farbe praktisch das häufigste Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen Rassen, nächstfolgend beim Schwein und im geringsten Umfange beim Pferde. Als Merkmal zur Beurteilung der physiologischen Leistungsfähigkeit hat die Haut beim gesunden Tiere im allgemeinen nur bedingten Wert. Nur als Zeichen einer bestimmten Rassezugehörigkeit ermöglicht die Farbe eine Schätzung der Leistungsmöglichkeiten; beim Pferde eröffnet v. Ottingen die Möglichkeit eines besonderen Einflusses der braunen Farbe auf die Leistungsfähigkeit. Gewisse Zusammenhänge zwischen der Farbe und der Konstitution des Haustieres erwähnt in zahlreichen Beispielen auch Darwin.

Es ist naturgemäß, daß bei der großen Umbildungsfähigkeit der Haustiere die Domestikation mit ihrer einseitigen Steigerung partieller Leistungen nicht ohne Einfluß auf die kutikularen Charaktere bleiben konnte. Als Leiter der meisten physikalischen Reize reagiert die Haut auf Einflüsse von Haltung und Klima ganz besonders.

Wie erwähnt, fiel schon Darwin der charakteristische Unterschied in der Färbung der Haustiere und ihrer wildlebenden Artverwandten auf. Die letzteren zeigen durchweg eine größere Mannigfaltigkeit in der Zeichnung als die domestizierten Tiere; ferner unterscheidet sich das Wildmaterial von dem zahmen durch unauffälligere Färbung und durch verschiedene konstante Abzeichen. Diese indifferente Färbung der wild-

lebenden Verwandten unserer Haustiere entsteht durch eine Vermischung verschiedener Farbtöne, die beim Haustiere meist isoliert erscheinen (grau, gelb, braun usw.). Je intensiver unsere Haustiere züchterisch umgebildet sind, desto auffälliger wird die Vereinfachung des Farbcharakters und die Zunahme des Pigmentmangels. Die Tendenz zum Pigmentschwund tritt in der Zuchtgeschichte des Haustieres besonders stark hervor und kann nur eine Folge der Domestikation sein. Adametz weist die stufenförmige Entwicklung des Pigmentschwundes bis zum völligen Albinismus nach in der Reihenfolge:

- I. Einfarbig.
- II. Einfarbig mit Hinzutreten weißer Abzeichen (sogen. Domestikationszeichen) bis zur Scheckung.
- III. Leucismus (Domestikationsleucismus) mit Erhaltung des Pigmentes in den Augen, der Haut und den sichtbaren Schleimhäuten.
- IV. Echter Albinismus; auch die unter III genannten Organe erleiden Pigmentschwund.

In seinen Beispielen führt Darwin eine Beziehung der weißen Farbe zu konstitutionellen Schwächeerscheinungen auf. Die Züchtung auf einseitige Leistungen verursacht beim Haustiere zweifellos die Schwächung zahlreicher Widerstandskarakteren seiner wildlebenden Vorfahren. Schon die Vergleichung der verschiedenen Haustierzuchten zeigt, daß der Grad der züchterischen Einwirkung einen großen Einfluß auf die Entwicklung der Färbung nimmt. Je stärker die Domestikationsreize einwirkten, desto größer wird die Neigung zum Pigmentschwund, und desto größer ist damit der Grad der konstitutionellen Schwächung. „Biologisch betrachtet ist somit das Pigment ein Schutzmittel für das im Freien lebende Tier, und die Pigmentproduktion gehört demnach zweifelsohne in die Gruppe der Schutzvorgänge oder der regulatorischen Vorrichtungen des Tierkörpers.“ (Adametz.)

Von den Arten der Haustiere haben die stärkste züchterische Umbildung die Kulturrassen des Rindes und Schweines in Europa erhalten; die Züchtungskunst der Hochzüchter besteht hier in dem Ausschluß aller der Erzeugung der erwünschten physiologischen Merkmale entgegengesetzten Einflüsse, der regulatorischen Vorrichtungen im Sinne von Adametz. Demgemäß sehen wir bei diesen Tieren die Weißfärbung am meisten verbreitet; je primitiver die Zucht wird, desto stärker ist noch die Pigmentierung ausgebildet. Die „Landrassen“ des Rindes sind einfarbig dunkel — meist rot — gefärbt, und je geringer der Grad der züchterischen Reize ist, desto stärker erhält sich die Vermischung der Farbcharaktere, wie bei der Wildform (Esel, manche Hunderassen, Katze, Huhn usw.). Die Umbildung des Farbcharakters der Haustiere hat in der

züchterischen Auslese eine doppelte Zeitursache; einerseits fällt die Auslese der schwachen Konstituanten im freien Zustande fort, andererseits wird die einseitige Ausbildung bestimmter physiologischer Charaktere durch die bewußte züchterische Auslese gefördert. Beide Formen der Auslese in der Zootechnik, die negative und die positive, bilden aber eine Einengung der natürlichen Widerstandsfähigkeit und schwächen so die „regulatorische“ Ausbildung des Pigmentes wie beim normalen Tier. Es ist offensichtlich, daß der Grad des Pigmentschwundes darum auch ein Hilfsmittel zur Analyse der Domestikationsreize bildet.

Die Anlage zur Ausbildung der sogen. Wildzeichnung ist auch bei den heutigen umgebildeten Haustieren noch vorhanden. Das lehrt einerseits das atavistische Auftreten bestimmter Zeichnungsmerkmale bei den Kulturrassen, wie der sogen. Aalstrich, die zebroide Streifung an den Extremitäten usw.; andererseits liegen auch direkte experimentelle Beweise in den Arbeiten von Toldt und von Hickl vor. Ersterer wies bei der Katze, letzterer beim Schwein die embryonale Anlage der Wildfärbung in der Gruppierung der Haaranlagen nach.

Während die meisten Rassen der verschiedenen Haustiere nur eine Vereinfachung der ursprünglichen Pigmentierung im Sinne der Einfarbigkeit aufweisen, tritt bei den hochgezüchteten Kulturrassen die Scheckung bis zum Albinismus auf; das fällt beim Pferde um so mehr auf, als dieses durch die Art seines wirtschaftlichen Gebrauches stärker als das Rind und das Schwein den natürlichen Daseinsbedingungen angenähert wird. Die Reize der Domestikation müssen also ganz außerordentlich groß sein, um solche durchschlagende Wirkungen zu erzielen. Die Erbanalyse hat zudem ergeben, daß viele erst in dem Verlaufe der Domestikation aufgetretene Eigenschaften über phyletisch ältere der Wildformen dominieren. Eine Ausnahme macht der echte Albinismus, der sich in vielen Versuchen als rezessiv erwiesen hat; das spricht nicht gegen die starke Einwirkung der Domestikationsreize, da der Albinismus eine Erscheinung ist, die von der Zootechnik bekämpft wird, wo es sich um reine Nutztiere handelt. Bestimmte Domestikationsreize haben also einen ganz außerordentlich großen Einfluß auf die Formung der Erbanlagen. Neben rein äußerlichen Reizen ist besonders die Summierung bestimmter Erbfaktoren durch die Inzucht, wie sie in den meisten Hochzuchten angewandt wird, wichtig. Beobachtungen und experimentelle Untersuchungen haben den schwächenden Einfluß der Inzucht auf die körperliche Widerstandsfähigkeit bei Menschen und Tieren bewiesen. Die moderne Leistungshochzucht legt kein Gewicht auf die Heranzüchtung robuster Individuen, sondern bevorzugt feinnervige mit Hervorhebung irgendwelcher Zuchtcharaktere. Diese brauchen nicht nur physiologischer Art zu sein,

sondern können auch morphologisch geformt werden, wie bei den teilweise überbildeten Hunderrassen. Jedenfalls bildet die Inzucht ein sehr wesentliches Förderungsmittel des Pigmentschwundes in Verbindung mit der konstitutionellen Degression. Da die Inzucht besonders in der westeuropäischen Hochzucht angewandt wird, ergibt sich das verbreitete Auftreten des Leucismus bei ihren Kulturformen von selbst.

Neben der Inzucht als typischem Domestikationsreiz müssen alle jene Zuchtfaktoren als Domestikationsreize angesehen werden, welche die Lebenshaltung des Haustieres von dem seiner wildlebenden Verwandten unterscheiden, und demgemäß muß ihre Einwirkung auf die Umbildung der Haustierfarbe gewertet werden. Nach Adametz kommt für die Herausbildung der Haustierfärbung die auch von Darwin berücksichtigte üppigere Ernährung in Frage. Diese ist mit dem größeren Wassergehalt des Futters verbunden. Ob und inwieweit Stoffwechselvorgänge unmittelbar auf den Pigmentschwund einwirken können, möge dahingestellt bleiben. Immerhin ist es auffallend, daß die leistungsfähigsten Kulturrassen — also auch die am hellsten gefärbten — in feuchten und sehr fruchtbaren Klimaten gefunden werden, die alle Vorbedingungen für eine wasserreiche Nahrung liefern. Der wirtschaftliche Zweck der Tierzucht bringt es mit sich, daß die Individuen üppiger ernährt werden als im Wildzustand. Die Mästung wirkt zweifellos erschlaffend auf die sexuellen Fähigkeiten des Tieres und deutet dadurch auf eine Minderung der Konstitutionsqualität hin. Die Zootechnik hat es aber verstanden, durch Umbildung der anatomischen Merkmale besondere „Mastrassen“ zu schaffen, die für eine üppige Ernährung prädisponiert sind. Nur wenn die konstitutionelle Schwächung Gelegenheit zu erblicher Fixierung erhält, kann sie einen sichtbaren Einfluß auf den Pigmentschwund erhalten. Bei unseren Züchtungsmethoden ist das aber selten der Fall, denn Masttiere werden von der Fortpflanzung ausgeschlossen. Ob aber die typischen Mastformen der Haustiere konstitutionell den anderen Formen nicht überlegen sind, ist zweifelhaft; höchstens könnte diese Frage beim Schwein zu verneinen sein, keinesfalls aber beim Rinde. Diese Verhältnisse bedürfen noch der Klärung.

Die vorliegenden Forschungen beweisen jedenfalls, daß unsere heutigen Haustiere in morphologischen und physiologischen Merkmalen ein Produkt ihrer Funktion sind. Wie die Farbe des Haares eine Folge von Domestikationsreizen ist, so erscheint auch Form und Gruppierung des Haarkleides als ein Ergebnis funktioneller Verhältnisse nach den Untersuchungen von Bosch und Rast.

Wie der Pigmentschwund allgemein als eine Folge der Domestikationsreize angesehen werden kann, ist auch die Mähne des Pferdes eine Begleiterscheinung der veränderten Lebensbedingun-

gen im Haustierzustande. Rast deutet mit Recht darauf hin, daß die ältesten bildlichen Darstellungen des Pferdes die Mähne zumeist stehend nachweisen, ähnlich wie beim *equus Przewalskii* und bei den Fohlen unserer zahmen Formen. Besonders aber tritt in der Anordnung der Haargruppen zu „Wirbeln“ ein Einfluß der Funktion deutlich hervor. Die Art der wirtschaftlichen Nutzung des Pferdes bedingt bei ihm eine besondere verstärkte Ausbildung der Bewegungsmuskulatur. Die Muskeln üben einen starken Zug auf die Haut aus und verursachen durch diesen mechanischen Reiz die in den Wirbeln auftretende charakteristische Gruppierung der Haare. Auf die Feststellung von Form und Zahl dieser Wirbel soll hier nicht näher eingegangen werden; uns interessiert biologisch nur der Umstand, daß die schwächere Ausbildung oder das gänzliche Fehlen mancher Haarwirbelbildungen bei anderen Formen die Annahme von der funktionellen Bedingtheit der Wirbel begründet erscheinen läßt. Auch beim Rinde und anderen Haustieren sind Haarwirbelbildungen wie bei fast allen glatthaarigen Tieren zu erkennen, aber nur an den Stellen lebhaftester Tätigkeit gewisser Muskelzüge. Daß diese beim Pferde eine besonders lebhafteste Aktion entfalten, ist bekannt. Die Wirbelbildung ist aber nicht nur an die Lokomotionsmuskeln gebunden, sondern tritt an allen Stellen gesteigerten Muskelspiels auf. Als solche fallen beim Pferde besonders die Gesichtsteile auf, in deren Begleitung der Gesichtswirbel mit wechselnder Lagerung erscheint. Nach den vorliegenden Untersuchungen waren die Haarwirbel des Rumpfes sehr konstant. Das ist erklärlich, wenn man die im allgemeinen gleichmäßige Funktion der Rumpfmuskulatur berücksichtigt. Dagegen traten Unterschiede in dem oberen Halswirbel hervor, je nach der Funktion des betreffenden Tieres; die Reitpferde wiesen ihn viel häufiger auf als Wagenpferde. Neben der Arbeitsleistung hat das Temperament des Tieres einen erheblichen Einfluß auf das Muskelspiel und die damit verbundene Haarwirbelbildung. Es ist darum selbstverständlich, daß bei trägen Tieren eine viel schwächere Ausbildung der Gesichtswirbel erfolgte als bei lebhaften.

Adametz, Die biologische und züchterische Bedeutung der Haustierfärbung. Jahrb. d. ldw. Pflanzen- und Tierzüchtung II, 1905.

v. Ottingen, Die Pferdezucht, Berlin 1918.

Toldt, Epidermistreifen, Haarreihen und Wildzeichnung in der Entwicklung der Hauskatze. Verhandl. der k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien 1912.

Hickl, Die Gruppierung der Haaranlagen („Wildzeichnung“) in der Entwicklung des Hausschweines. Anatomischer Anzeiger 44, 1913.

Bosch, Untersuchungen über die Ursache der Haarwirbelbildung bei Haustieren mit bes. Berücks. des Gesichtswirbels usw. Jahrbuch f. wissenschaftl. u. pr. Tierzucht 1910.

Rast, Studien über das Haarkleid, den Haarwechsel und die Haarwirbel des Pferdes. Arbeiten der Deut-

schen Gesellschaft für Züchtungskunde Heft 11, Hannover 1911.

Darwin, Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation, übers. von Carus, 4. Aufl., Stuttgart 1910.

Botanische Mitteilungen.

Über staminale Pseudapetalie und deren Bedeutung für die Frage nach der Herkunft der Blütenkrone. (Murbeck, Lunds. Univ. Arsskr., 14, 1918.) Vor etwa 100 Jahren hat de Candolle die Vermutung geäußert, daß die Blumenkrone ein Umwandlungsprodukt der Staubgefäße darstellt, und er hat diese Auffassung darauf gegründet, daß man in manchen Blüten zum Teil normal, zum Teil ausnahmsweise alle Übergänge zwischen beiden Gebilden antrifft und daß sehr häufig Staubblätter in Kronenblätter metamorphosiert werden, wie dies ja beispielsweise bei der Blütenfüllung der Fall ist. Murbeck bringt für diese Hypothese, die sich derzeit nur einer beschränkten Anerkennung erfreut, weitere Stützpunkte heran. Er weist auf die auffällige Erscheinung hin, daß in manchen kronblattlosen Blüten an der Stelle, wo Kronblätter zu erwarten wären, Staubgefäße stehen. Das legt natürlich die Vermutung nahe, daß die Kronblätter, statt ganz zu verschwinden, wie dies bei verwandten Arten oft der Fall ist, bloß in Staubgefäße zurückgeschlagen sind. Das soll die Bezeichnung „staminale Pseudapetalie“ zum Ausdruck bringen. Wir treffen diese Erscheinung hauptsächlich dort, wo Insektenblüten sekundär in Windblüten übergehen, die Krone also biologisch bedeutungslos wird, und wo durch Unterernährung oder andere hemmende Faktoren eine Reduktion der Blüte eintritt, welcher der Staubblattkreis in mehr oder minder weitgehendem Maß zum Opfer fällt. Da treten dann die rückdifferenzierten Kronblätter stellvertretend für die Staubgefäße ein. Murbeck führt für seinen Standpunkt auch phylogenetische Gesichtspunkte an. Gehen wir im Stammbaum zurück, dann treffen wir vor der Kreideperiode auf Blüten, die noch keine Krone besaßen. Es waren bloß Sexualblätter und eine Hülle von Hochblättern vorhanden. Erst mit dem Massenaufreten der Hautflügler und Schmetterlinge erscheinen dann Blütenpflanzen auf der Bildfläche, die unseren rezenten Angiospermen entsprechen. Die Krone könnte nun ein Umwandlungsprodukt entweder der Hochblätter oder der männlichen Sexualblätter sein. Wäre das erstere der Fall, „so wäre offenbar zu erwarten, daß ihre Blätter infolge regressiver Metamorphose nicht gar so selten ihre primitive Gestalt von Hochblättern wieder annehmen“. Das trifft aber nicht zu. Damit ist die Entscheidung im zweiten Sinn gegeben. Wie nun die Krone als Anpassungsprodukt an die Insektenbefruchtung aus den Staubblättern entstanden zu denken ist, so kann sie beim Ausfall dieses begünstigenden Faktors in ihre alte Gestalt zurückkehren.

Über die Einwirkung farbigen Lichts auf die Färbung der Cyanophyceen (K. Boresch, Ber. d. d. bot. Ges. 37, 1919). Nach einer von Engelmann vor ca. 3½ Jahrzehnten aufgestellten Theorie nutzen die pflanzlichen Organismen für ihre Assimilation hauptsächlich diejenigen Bezirke des Spektrums aus, die in dem ihnen zur Verfügung stehenden Licht am stärksten vertreten sind. Ihre Chromatophoren sind so beschaffen, daß sie den anderen Teil des Spektrums größtenteils reflektieren, so daß die Färbung der Pflan-

zen zu der der hauptsächlich vertretenen Strahlen komplementär erscheint, weswegen Engelmann von „komplementärer Adaptation“ spricht. So treffen wir bei der Vegetation des tiefen Wassers, das in erster Linie die grünen Strahlen durchläßt, sehr häufig rote Farbtöne an (Rotalgen). Die Engelmannsche Theorie erhielt dann eine wesentliche Stütze durch die Versuche Gaidukows, dem es gelang, Cyanophyceen (Spaltalgen) durch Kultur in verschiedenen Strahlenbezirken genau der Theorie entsprechend umzufärben, so daß sie das ihnen zur Verfügung stehende Licht gewissermaßen komplementär photographierten. Im grünen Licht erscheinen rote bis violette, im roten dagegen grüne Farbtöne. Den Versuchen Gaidukows ist in neuerer Zeit vielfach widersprochen worden (Magnus, Schindler u. a.) unter dem Hinweis, daß nachweislich eine Reihe anderer Faktoren auf die variable Färbung der Spaltalgen einwirken, wie Lichtintensität und Ernährung. Es ist deshalb von Bedeutung, daß Boresch unter Berücksichtigung der möglichen Fehlerquellen die Angaben Gaidukows ebenfalls für Spaltalgen (Phormidium foveolarum) bestätigen konnte. Kultiviert man diese Art, die normalerweise olivbraun bis olivgrün erscheint, hinter einem Spektrum, dann wird die von den roten Strahlen getroffene Partie lebhaft grün, während im spektralen Grün eine braunrote Färbung auftritt. Beleuchtet man nun nachträglich invers, dann wandelt sich das Braunrot den veränderten Bedingungen entsprechend in Grün um. Dieselben Erfolge kann man hinter gefärbten Gläsern erzielen. Durch Extraktionsversuche wurde dann festgestellt, daß diese Verschiebungen durch eine Veränderung des Farbstoffs Phycozyan bedingt sind. Weitere Versuche mit ausführlicherem Material werden in Aussicht gestellt.

Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration des Gipfels und Kontaktempfindlichkeit bei Windepflanzen (B. Löffler, Ber. d. d. bot. Ges. 37, 1919). Die Frage, ob bei dem Zustandekommen der Windungen der Schlingpflanzen der von der Stütze ausgehende Berührungszusammenstoß wirksam ist, spielt seit langer Zeit in der Pflanzenphysiologie eine große Rolle. Über eigene Versuche, die bei einer ganzen Reihe von Schlingpflanzen das tatsächliche Vorhandensein von Berührungsempfindlichkeit eindeutig erwiesen, wurde im 4. Jahrgang dieser Zeitschrift (Nr. 30/1) berichtet. Durch Reiben mit einem rauen Stäbchen konnten Krümmungen erzielt werden, die der geriebenen Flanke zugekehrt waren. Entsprechende Beobachtungen machten Brenner und Figdor mit anderen Arten. Zweifellos sind diese Reaktionen also allgemein verbreitet und beim Anlegen des Sprosses an die Stütze mitbeteiligt. Von ganz anderer Seite nun hat neuerdings Löffler eine Sensibilität der Schlingpflanzen für Kontaktreize erwiesen. Er beobachtete, daß Schlingpflanzen, deren Hauptsproß man abschneidet, zum Ersatz Seitensprosse produzieren, die aus den Achselknospen in den Blattwinkeln entstehen, und zwar eilen von den opponierten Anlagen immer diejenigen in der Entwicklung voraus, die der Stütze zunächst liegen, also dem Kontakt unmittelbar ausgesetzt sind. Durch Variation der Versuchsbedingungen konnte der Nachweis erbracht werden, daß es tatsächlich der Berührungszusammenstoß ist, der die rasche Entwicklung dieser Regenerate bedingt. Danach äußert sich also die Kontaktempfindlichkeit der Schlingpflanzen in doppelter Weise; erstens in Krümmungen, die der Stütze zugekehrt sind und ein enges Anschmiegen an das Widerlager verursachen, zweitens

— bei Entfernung des Gipfelftriebs — in einer Förderung des Wachstums derjenigen Achselknospen, die der Kontaktstelle zunächst liegen und daher für einen Ersatz am besten geeignet sind. Beide Phänomene sind also biologisch bedeutungsvoll.

Die Absterbeordnung der beiden Geschlechter einer getrenntgeschlechtigen Doldenpflanze (*C. Correns*, Biol. Zentralbl. 39, 1919). Es ist eine bekannte Tatsache, daß beim Menschen die Sterblichkeit im männlichen Geschlecht größer ist als beim weiblichen. Dasselbe ist bei zahlreichen anderen tierischen Organismen der Fall. Auch für getrenntgeschlechtliche Pflanzen liegen vereinzelte entsprechende Angaben vor, so beim Hanf (*Haberlandt*) und bei der Lichtnelke (*Strasburger*). Aber wie *Correns* zeigt, halten diese Daten einer variationsstatistischen Untersuchung nicht stand, die Unterschiede übersteigen kaum die Fehlergrenze. Dagegen gelang es *Correns*, für eine andere getrenntgeschlechtige Pflanze, den Doldenblütler *Trinia glauca*, den Nachweis zu erbringen, daß hier tatsächlich eine Analogie zum Verhalten des Menschen besteht. Auf ein absterbendes Weibchen kommen ungefähr 19 absterbende Männchen. Auf diese Weise wird das Verhältnis der Männchen zu den Weibchen, das ursprünglich genau 1:1 beträgt, ständig zugunsten der Weibchen verschoben. Diese Tatsache ist nicht — wie bei vielen Tieren — unter dem Gesichtswinkel der Zweckmäßigkeit zu betrachten, derart, daß die Männchen, wenn sie ihre Funktion erfüllt haben, absterben, während die Weibchen zur Produktion der Nachkommenschaft erhalten bleiben; vielmehr setzt bei den Männchen das Sterben schon ein, ehe ihre Blüten ausgebildet sind. Allem Anschein nach handelt es sich um eine Infektionskrankheit, für die die Männchen aus unbekannten Gründen leichter anfällig sind als die Weibchen. Das Krankheitsbild setzt bei beiden Geschlechtern etwa zum Beginn der Blütezeit ein, schreitet bei den Männchen aber viel rascher fort. *Correns* vermutet, daß es die mit der Produktion der Geschlechtsprodukte verbundenen stofflichen Veränderungen sind, welche die große Empfänglichkeit für die Infektion bedingen. P. Stark.

Astronomische Mitteilungen.

Zwei Sterne mit sehr großer Eigenbewegung, die ihm bzw. Dr. *Mündler* auffielen, zeigt *M. Wolf* in Nr. 4990 der Astr. Nachr. an. Es sind die Sterne $1^h 56^m 3^s + 5^0 7.1'$ (1875 Epoche 1901,8, Größe 11, und $2^h 6^m 4^s + 3^0 2.2'$ (1875), Epoche 1901,8, Größe 10,5. Der erstere hat eine jährliche E. B. von $2,43''$ in der Richtung 106°, der andere von $2,59''$ in der Richtung 223°. Letzterer ist der BD-Stern $+20 348$. Beide dürften wohl der Sonne ziemlich nahe und absolut sehr lichtschwach sein.

In Astr. Nachr. 4992 macht *M. Wolf* auf das Erscheinen einer **neuen atmosphärischen Störung** nach Art der nach großen Vulkanausbrüchen auftretenden aufmerksam. Ihre Anzeichen wurden Mitte Mai zuerst bemerkt. Auch in den lichtelektrischen Messungen auf der Babelsberger Sternwarte machte sie sich seit dem 21. Mai sehr störend bemerkbar. Die letzten großen Störungen wurden hier 1917 im Mai-Juni während einer Trockenperiode und 1916 von Ende April ab bis gegen den Herbst hin bemerkt.

Ein sehr merkwürdiger Veränderlicher scheint ein 1917 von *M. Wolf* photographisch aufgefundenes Objekt zu sein, über das damals kurze Mitteilungen in Nr. 4888 und 4891 der Astr. Nachr. gemacht worden waren. Der Stern steht in $17^h 34^m 16^s - 11^0 53,3$ (1900), $6'$ südlich von BD— $11^0 4433$. Am 14. Juni 1917 war er photographisch 9. Größe, und seine Existenz wurde von *Mündler* am folgenden Abend durch visuelle Beobachtung bestätigt. Auf älteren Heidelberger Platten fehlt der Stern. Am 17. Juni 1917 schätzte ihn *Wolf* am Reflektor um $0,1^m$ schwächer als BD— $11^0 4433$ ($8,9^m$). Er erhielt die provisorische Bezeichnung für Veränderliche 7.1917 Serpentinis. Jetzt macht *Bailey* im Harv. Bull. 680 Mitteilung über einen von *Barnard* aufgefundenen merkwürdigen Stern, der offenbar identisch mit dem Wolfschen Objekt ist. Auf der Harvardsternwarte sind 44 Aufnahmen der Gegend zwischen 19. Mai 1891 und 25. August 1908 vorhanden, auf denen der Stern fehlt. Auf einer Aufnahme vom 9. Juli 1909 ist er zuerst sichtbar als 14. Größe, auf einer weiteren Aufnahme vom 21. März 1910 ist er 11. Größe. In der Folge nahm die Helligkeit langsam weiter zu und war auf der letzten Platte, 13. August 1918, etwa $10,5^m$ (Astr. Nachr. Nr. 4990). Der Charakter der Veränderlichkeit läßt sich aus diesen Angaben noch nicht erschließen. Der Stern steht in der Milchstraße. Er könnte vielleicht eine Nova nach Art von η Argus oder P Cygni oder ein Veränderlicher der seltenen Art von R Coronae borealis, vielleicht aber auch ein ganz neuartiger Fall sein. Über das Spektrum ist noch nichts bekannt.

Über den merkwürdigen Veränderlichen 7.1917 Serpentinis veröffentlicht *M. Wolf* eine noch etwas ausführlichere Mitteilung auf Grund der Heidelberger Aufnahmen. Danach war der Stern unterhalb der Sichtbarkeitsgrenze der Aufnahmen am 13. Juni 1895 ($< 13^m$) und auf 28 Platten der Jahre 1899 und 1901 bis 1909. Die untere Sichtbarkeitsgrenze der einzelnen Aufnahmen schwankt zwischen 11^m und 15^m . Am 24. Juli 1909 war der Stern noch unsichtbar ($< 11^m$), am 3. Juni 1910 $9,3^m$, am 7. August 1910 $9,4^m$, am 3. Juli 1911 und am 6. Juni 1913 $9,5^m$ und nahm dann langsam wieder zu bis $8,9^m$ am 14. Juni 1917. Für das Jahr 1916 sind jedoch in Heidelberg keine Aufnahmen vorhanden. Die in einer früheren Mitteilung in dieser Zeitschrift gebrachte Angabe, wonach der Stern auf der Harvardaufnahme vom 9. Juli 1909 zuerst als Stern 14. Größe sichtbar sei, beruht nach *Wolf* möglicherweise auf einer Verwechslung mit einem Stern 14. bis 15. Größe in nur 0,4 Bogenminuten Distanz vom Veränderlichen (Astr. Nachr. 4991). Der erste sichere Nachweis des Veränderlichen ist also bis auf weiteres die Harvardaufnahme vom 21. März 1910, auf der der Stern 11. Größe ist. Es scheint, daß diese Größenangabe im Vergleich mit den Heidelberger Größenangaben um $1^m - 1\frac{1}{2}^m$ zu schwach ist, daß also der Stern schon damals nicht wesentlich schwächer war als vom Juni 1910 ab. Gegenwärtig ist nach einer Beobachtung am 65 cm-Refraktor der Babelsberger Sternwarte die Helligkeit noch immer sehr nahe gleich der von BD— $11^0 4433$ ($8,9^m$), und das Spektrum unterscheidet sich in der Intensitätsverteilung nicht merklich von dem Spektrum dieses Sternes. Linien sind in beiden Spektren wegen ihrer Lichtschwäche nicht mehr zu erkennen. Guthnick.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 42. (Seite 761—780)

17. Oktober 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Genetik und Mimikry. Von *E. Study, Bonn*. S. 761.
Die Entwicklung der Verstärkerröhre und ihre Verwendung. Von *Dr. F. Gehrts, Berlin-Charlottenburg*. S. 764.

Besprechungen:

Winterstein, Hans, Die Narkose. Von *Otto Meyerhof, Kiel*. S. 773.
Höber, Rudolf, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Von *P. Rona, Berlin*. S. 776.
Nocht, B., und M. Mayer, Die Malaria. Von *L. R. Müller, Würzburg*. S. 776.
Zuschriften an die Herausgeber:
Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie. Von *A. Einstein, Berlin*. S. 776.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Walliser Anthrazit. Die Ausnutzung der Wasserkräfte in Norwegen. Lichtelektrische Untersuchungen an Salzlösungen. Ein neuer Schlagwetteranzeiger. Sichtbare Schallwellen. Kulturversuche mit weißen Blutzellen des Frosches. S. 777—779.

Astronomische Mitteilungen:

Ein zurzeit unerklärliches Paradoxon, das der Begleiter des Sirius und der Begleiter von α (40) Eridani darbieten. Die Oriongruppe der Heliumsterne. S. 779—780.



Die bewährte
Drahflampe

Osram

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“.

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich 6 12 24 32 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. COLN a. Rh.

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.

(152)

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten

Inhaber: Prof. Dr. **Hugo Krüss**,
Hamburg 11.

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Gg. Leisegang } *Potsdamerstr. 138*
Berlin } *Jawentzienstr. 12*
Schloß-Platz 4

Die Anschaffung des Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände gebunden 431.20 Mark
erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 25 1/4 Quartalsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Aufsätze zur Deutschen Revolution

Von **Hans von Hentig**

Preis M. 2.60

und 10% Teuerungszuschlag gemäß den Bestimmungen d. Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(167)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

17. Oktober 1919.

Heft 42.

Genetik und Mimikry.

Von E. Study, Bonn.

Was kann die moderne Erbllichkeitsforschung zum Verständnis der Mimikry beitragen? — Sehr wenig, wird man zunächst wohl meinen. Denn daß der phylogenetische Fortschritt durch bloße Kombinationen von schon Vorhandenem nicht zustande gekommen sein kann, liegt auf der Hand, die eigentlichen Neubildungen — die Mutationen — aber sind in Kulturen zu spärlich aufgetreten, als daß man aus den vorliegenden Beobachtungen weitreichende Schlüsse ziehen könnte, und viele Mutationen sind auch gar nicht von der Art, daß ihnen eine stammesgeschichtliche Bedeutung zukommen könnte (Defekte, erbliche Verkrüppelungen und ähnliches). Alles, was sich zunächst zu ergeben scheint, ist die Bestätigung von Darwins Ansicht, daß die verwickelteren Anpassungen überhaupt, und also auch die vollendeteren Beispiele von Mimikry ihre Entstehung der Summation oder Hintereinanderschaltung vieler kleiner erblicher Änderungen verdanken werden, d. h. solcher Mutationen, die wenig auffällig sind oder höchstens so beschaffen, wie etwa die Änderung einer Blütenfarbe oder die Änderung der Grundfärbung eines Schmetterlingsflügels. Noch niemals hat man ja bei Kulturformen so radikale Änderungen gleich in einer Menge von Strukturen beobachtet, wie sie nötig wären, um z. B. die Trachten der verschiedenen Weibchen des berühmten Falters *Papilio dardanus* (*merope*) unvermittelt, sprunghaft, aus dem auch für die Weibchen vorauszusetzenden Kleid hervorgehen zu lassen, das das Männchen noch heute trägt, und das uns auch beim Weibchen in Inserrassen und in Abessynien noch erhalten ist.

Nun ist im Jahre 1915 ein Buch *Mimicry in Butterflies* erschienen, dessen Verfasser den eben bezeichneten Sachverhalt zwar nicht geradezu in Abrede stellt, aber tatsächlich ganz andere Folgerungen aus der Erbllichkeitslehre ziehen will. Herr R. C. Punnett, F. R. S., ist Professor of Genetics an der Universität Cambridge (England), und schon um dieser seiner öffentlichen Stellung willen verdient seine Ansicht Beachtung. Diese geht nun dahin, daß jede solche Anpassung mit einem Male, also durch je eine einzige Mutation aus meistens ganz anders beschaffenem Material entstanden sein muß, und daß sie dann unter dem Einfluß der Selektion, eben weil sie durch die Möglichkeit einer Verwechselung mit einem geschützten Modelle vorteilhaft war, erhalten ge-

blieben ist. Punnett schließt sich also in seinem Spezialfall der Meinung von de Vries an, der neuerdings alle phylogenetisch bedeutsamen Änderungen (nicht nur Anpassungen) durch solche größere (von anderen zuweilen *Saltationen* genannte) Sprünge zustande kommen läßt (Naturwissenschaften 1916, S. 593 u. ff.).

Ganz neu ist diese Lehrmeinung freilich nicht, und sie brauchte auch nicht erst auf dem Boden der Genetik zu erwachsen. Die Idee „plötzlicher“ Änderungen ist sehr alt, sie findet sich z. B. bei Et. Geoffroy-Saint-Hilaire. Eben denselben Gedanken hatten dann Darwin und Bates erörtert, freilich nur, um ihn zurückzuweisen. Nach Darwin sind zahllose Anpassungen viel zu fein, als daß man ernsthaft daran denken könnte, sie als das ausschließliche Produkt von *sports* oder *single variations* (d. h. eben gewaltsamen Mutationen oder „Saltationen“) aufzufassen — ein schwerwiegendes Argument, mit dem auffallenderweise weder Punnett sich auseinandergesetzt hat, noch vor ihm (soviel ich weiß) de Vries. Bates aber hat ganze Reihen von Lokalvarietäten mimetischer Falter abgebildet, von denen einige bessere, andere schlechtere Übereinstimmung mit ihren Modellen zeigen (Transactions of the Linnean Society 23, 1872). 1893 hat sodann der Zoologe C. Emery in einer anscheinend ganz in Vergessenheit geratenen Arbeit eben diesen Gedanken entwickelt¹⁾ (Biologisches Zentralblatt Bd. 13, S. 408). Es findet sich bei ihm bereits ziemlich genau die erst viel später zur Geltung gekommene Gliederung des Sammelbegriffs „Variation“ in Modifikationen, Kombinationen und Mutationen. Außerdem aber hatte Emery, im Gegensatz zu de Vries und Punnett, auch dem Einwand Darwins Rechnung getragen, indem er neben den großen Sprüngen zur Ausarbeitung der feineren Anpassungen auch kleine zuließ — also, nach späterer Terminologie, ebensolche Mutationen, wie sie in den Experimenten der Erbllichkeitsforscher in den letzten Dezennien wirklich zum Vorschein gekommen sind. Schließlich ist auch die Ähnlichkeit nicht zu verkennen, die der Gedanke Punnetts mit Eimers Ideen von einer „unabhängigen Entwicklungsgleichheit“ hat (*Homöogenese*, 1897). Auch Eimer nahm ja eine sprunghafte Entwicklung (*Halmatogenese*) an. Außer den Namen von Emery und Eimer habe ich übrigens in dem Buche von Punnett auch den

¹⁾ Insbesondere führt Emery das Beispiel gewisser Phasmen an, die neben geflügelten Männchen auch sekundär und dann vielleicht plötzlich entstandene ungeflügelte haben.

des Botanikers *Korschinsky* vermißt, der bei aller Abweichung der Grundauffassung in diesem Zusammenhang doch wohl eine Erwähnung verdient hätte.

Versuchen wir uns nun ein Urteil zu bilden, so ist die *Kardinalfrage* natürlich die: Paßt das Vorgetragene zu den bekannten Tatsachen? Das aber ist schlechthin zu verneinen. Hier scheint dem Herrn Verfasser der (nach der Vorrede zu schließen) nur geringe Umfang seiner Privatsammlung, vielleicht auch eine zu weit getriebene Rücksicht auf die Spezialinteressen gewisser entomologischer Liebhaber, verhängnisvoll geworden zu sein. Mit einer wohl schon fertigen Meinung hat er seine Arbeit begonnen, deren Stoff seinem sonstigen Tätigkeitsfeld ziemlich fern liegt, und als er diese Ansicht in einem ziemlich eng abgegrenzten Kreis von Tatsachen bestätigt fand — oder zu finden glaubte —, hat er sich zu schnell beruhigt.

Das englische Wort *Butterfly* ist nicht so, wie manches Lexikon es angibt, nämlich nicht mit Schmetterling zu übersetzen. Es bezeichnet vielmehr nur, in Übereinstimmung mit niederdeutschen Dialekten (Butterfliege, Buttersvogel), die in unserer Literatur, sehr unzuweckmäßigerweise, vielfach schlechthin sogenannten Tagfalter, d. h. die Familiengruppen der *Rhopalocera* und *Grypocera*. Alle anderen Familien der Schmetterlinge — deren viele ebenfalls bei Tage fliegen — heißen im Englischen *moths*, „Motten“. Zu diesen Motten gehören also alle unsere Schwärmer, Spinner, Spanner usw., nicht etwa nur das Heer der „Kleinschmetterlinge“ (*Microlepidoptera*). Von solchen „Motten“ werden von *Punnett* nur ganz wenige, zufällig herausgegriffene Beispiele berücksichtigt, obwohl gerade sie in einem Buche, das zu neuen Beobachtungen anregen will, eine besondere Berücksichtigung verdient hätten¹⁾. Die Mimikryerscheinungen sind ja nicht auf jene Tagfalter beschränkt, sondern sie verknüpfen Falter der verschiedensten Familien und darüber hinaus Schmetterlinge mit anderen Ordnungen der Insekten und selbst mit leblosen Gegenständen, ferner Insekten der verschiedensten Ordnungen untereinander; auch gibt es solche bei Spinnen, Krustaceen und selbst Wirbeltieren. Und daran scheitert die *Punnettsche* Theorie.

Punnetts Gedankengang ist dieser: Es mag sein, daß in den verschiedensten Familien der Schmetterlinge aus unbekannten Ursachen (ebenen von *Eimers* angeblicher Homöogenese) dieselben Entwicklungsanlagen (Gene) auftreten. Dann müssen uns diese Falter auch sehr ähnliche Farbmuster zeigen²⁾. Und so soll es

namentlich in den Fällen von Mimikry zugegangen sein.

Man findet nun z. B. in *R. Hertwigs* Lehrbuch der Zoologie (10. Auflage, 1912) auf S. 39 zwei Schmetterlinge aus derselben Gegend abgebildet, auf die dieser Gedanke passen könnte¹⁾. Dicht daneben aber steht das Beispiel eines Käfers und einer Wespe, auf das ein solcher Gedanke bestimmt nicht mehr paßt. Denn hier wird der *Vorderflügel* der Wespe durch den *Hinterflügel* des Käfers nachgeahmt, dessen *Vorderflügel* (Flügeldecken) verkümmert sind. Solche Beispiele gibt es unzählige, und sie sind durch eine Menge von Zwischenstufen mit denen der ersten Art verbunden. Wie kann man auch nur einen Augenblick daran denken, daß da „dieselben Entwicklungsanlagen“ im Spiele sein könnten? Tatsächlich behauptet Herr *Punnett* auch nichts derartiges. Aber er spricht eben nicht von diesen Fällen, die sich von den übrigen nicht qualitativ, sondern nur quantitativ unterscheiden, nämlich durch den z. B. im Falle des Käfers und der Wespe viel geringeren Grad der Verwandtschaft, und entsprechend größeres Ausmaß der strukturellen Unterschiede. Das ganze Heer der Syntomiden, die freilich keine „Buttervögel“ sind, aber doch mit größtem Erfolg Wespen nachahmen, zuweilen bis auf die Taille und den Schein eines Legestachels, bleibt in dem Buche von *Punnett* vollkommen unerwähnt! Ja hätte Herr *Punnett* auch nur die von ihm selbst behandelten Beispiele genauer untersucht, so hätte er auch da schon dieselbe Erscheinung (Auftreten äußerlich ähnlicher Zeichnungen und Farben unter morphologisch verschiedenen Umständen) finden müssen, freilich bei der großen strukturellen Ähnlichkeit aller Buttervögel nicht in so auffälliger Weise.

Wir müssen also den besprochenen Gedanken völlig ablehnen: Richtig daran, aber nicht neu, dürfte nur so viel sein, daß zur Erklärung der Mimikryerscheinungen die kleinen, wenig auffälligen Mutationen nicht immer ausreichen.

Übrigens unterliegt der *Punnettsche* Versuch auch noch anderen Bedenken. Die *geographische Verteilung* der Mimikryerscheinungen zwingt nämlich den Vertreter einer solchen Theorie zu der Annahme, daß solche Mutationen, wie *Punnett* sie allein als bedeutungsvoll gelten lassen will, nur dann erhalten bleiben konnten, wenn sie nützlich waren. Zu der weiteren Hypothese, daß es sich gerade hier um eine besondere Art des Mutierens handele, liegt aber keinerlei Grund vor. Also ergibt sich die Folgerung, daß in der lebendigen Natur „alles“

¹⁾ Dasselbe gilt von den zu den Buttervögeln gehörigen *Erycinidae*, von denen überhaupt nicht die Rede ist. Hier sind sogar unsere Kenntnisse noch am allerdürftigsten.

²⁾ Schon dieser Schluß ist anfechtbar. In sehr verschiedener Umgebung der heranwachsenden und sich teilenden Körperzellen muß sich das Dasein derselben Radikale auf sehr verschiedene Art geltend machen.

¹⁾ Der eine dieser Falter ist *Dismorphia* (*Leptalis*) *orise* ♀. *Punnett* bildet als *Dismorphia orise* schlechthin das ziemlich viel anders aussehende Männchen derselben Art ab. — Im Interesse der Leser des *Punnettschen* Buches sei hier noch angemerkt, daß auf Tafel VI die Ziffern 2, 3 zu vertauschen sind, und daß der auf Tafel XII unten abgebildete nicht genauer benannte Schmetterling *Castnia heliconoides* ist.

angepaßt sein muß — so wie *A. Weismann* es tatsächlich behauptet hat. Herr *Punnett* scheint diese Folgerung aus seinen Voraussetzungen gar nicht gezogen zu haben, sonst hätte er sich mit den nach Ansicht Vieler unlösbaren Schwierigkeiten herumschlagen müssen, in die man damit gerät.

Wo steckt nun der Fehler? Ganz gewiß nicht in der Erblchkeitslehre, auf die sich Herr *Punnett* und mit ihm neuerdings, in einer Rezension des *Punnettschen* Buches, Herr *Federley* beruft¹⁾. Die Genetik ist durch die Experimentalforschungen von *Johannsen* und seiner Schule viel zu sorgfältig und solide begründet, als daß die hier zutage getretene Diskrepanz von Theorie und Tatsachen auf sie zurückfallen könnte. Es muß also die theoretische Argumentation mangelhaft sein.

Die zufolge einer einzelnen Mutation neu aufgetretenen Eigenschaften mendeln. Das hat die Erfahrung gelehrt. Herr *Punnett* legt nun an der Hand einer Experimentaluntersuchung von *J. C. F. Fryer* dar, daß die verschiedenen Weibchenformen des polymorphen Falters *Papilio polytes* den Mendelschen Regeln folgen. Auch hiergegen ist nichts einzuwenden, es ist dieses Kapitel ohne Zweifel sogar der wichtigste Teil von *Punnetts* Buch. Nun aber wird der Schluß gemacht: Weil diese Eigenschaften mendeln, sind sie mit einem Male (durch eine einzige Mutation oder besser Saltation) aus der ursprünglich allein vorhandenen Form entstanden, die dem Männchen der Art ähnlich ist. Das heißt, es wird ein richtiger Satz auf unerlaubte Weise umgekehrt. Nichts derart lehrt die Genetik.

Machen wir uns die Sache an einem Schulbeispiel klar, das nicht erst eine Vertiefung in komplizierte Erblchkeitsformeln erfordert!

Wie angenommen wird und wie mindestens hier ganz gewiß angenommen werden darf, ergibt sich die Art der Geschlechtsvererbung beim Menschen aus der Formel Ww (Mann) und WW (Weib) für die Zygoten. Nehmen wir nun weiter an, daß durch Mutation an einer Erbeinheit W etwa beim Weib eine Änderung auftritt (Anlage zur Rotgrünblindheit), so daß an Stelle der obigen Formeln in einigen Paaren die anderen Ww , WW' treten²⁾. Die Nachkommenschaft eines solchen Paares gehört dann, theoretisch, zu der Formel:

$$Ww + W'w + WW + WW'.$$

Unter den Nachkommen der Paare vom Typus $W'w$, WW' befinden sich nun auch solche, die den Formeln $W'w$, $W'W'$ zugehören. Nehmen wir an, daß die Mutation $W \rightarrow W'$ vorteilhaft war (was bei Rotgrünblindheit natürlich nicht zutrifft), so kann eine Selektion es bewirken, daß

schließlich überhaupt nur noch diese Kombinationen da sind. Nichts hindert nun, daß derselbe Prozeß mit einer neuen Mutation (Hinzutreten einer Form der Nachtblindheit) $W' \rightarrow W''$ nochmals einsetzt und vollständig abläuft. Dann ist also schließlich eine Änderung $W \rightarrow W''$ eingetreten, die so aussieht, als ob sie in einem Schritte entstanden wäre, tatsächlich aber in zweien entstanden ist ($W \rightarrow W' \rightarrow W''$). Und wenn dann W und W'' wieder zusammenkommen, so werden auch diese Anlagen mendeln (wenn sie nicht, was unwahrscheinlich, bereits zu weit von einander entfernt sind). Die dazwischen aufgetretene Anlage W' wird isoliert, in greifbarer Form, bei der Spaltung von $W''w$ und $W''W''$ überhaupt nicht zum Vorschein kommen.

Es ist also nicht zutreffend, was *Punnett* (S. 141) behauptet, daß das Nichterscheinen von Mittelbildungen bei Kreuzungen der Extreme einen Einwand — und zwar einen Haupteinwand — gegen die herkömmliche Mimikrytheorie darstellt. Die heutige Erblchkeitslehre gibt auf die Frage nach der Entstehung der Mimikryerscheinungen und der Anpassungen tatsächlich keine Antwort. Was sie wirklich lehrt, ist nur, daß in den der Selektionstheorie zugrunde liegenden theoretischen Erwägungen an Stelle der sogenannten kontinuierlichen Variabilität Mutationen zu setzen sind, die von einer Generation zur anderen mit bestimmtem, nicht zu unterschreitendem Größenmaß auftreten. Erschließen läßt sich dann noch, daß am stammesgeschichtlichen Geschehen Koppelungen von Erbeinheiten in hohem Maße beteiligt sein müssen.

Wegen fernerer Einwände, die *Punnett* erhebt, kann auf eine Darlegung verwiesen werden, die kürzlich in den „Naturwissenschaften“ erschienen ist. Man findet dort auch eine abweichende Ansicht über den von *Punnett* (auf Tafel IV) abgebildeten sogenannten Mimikryring der Insel Ceylon dargelegt (1919, S. 395). Nicht einverstanden bin ich ferner mit *Punnetts* Polemik gegen *Fritz Müller* und mit der gegen *Poulton* (S. 41). Indessen ist mir der Gedanke wenig sympathisch, in einem Falle wie diesem die Kritik allzustark zu betonen. Das Werkchen des Herrn *Punnett* ist ein liebenswürdiges Buch; anregend und behaglich zu lesen, und bei seiner hübschen Ausstattung wohl geeignet, Beobachter in tropischen Ländern für den Gegenstand zu interessieren und zu weiteren Experimenten zu ermutigen. Sehr angenehm berührt es besonders, daß in *Punnetts* Art zu polemisieren keine Spur jener schulmeisterlichen, mit krasser Unkenntnis gepaarten Überlegenheit zu finden ist, die die Beschäftigung mit so ziemlich der gesamten antidarwinistischen Literatur unserer Tage so widerwärtig macht.

In einem Anhang wird eine Tafel mitgeteilt, die den Verlauf einer durch viele Generationen hindurch ausgeübten Selektionswirkung aufweisen

¹⁾ Dieser leider in sehr verschärfter Tonart. Zeitschrift für induktive Abstammungslehre Bd. 19, 1918, S. 213.

²⁾ Siehe *F. Lenz*, Archiv für Rassen- und Gesellschaftsbiologie Bd. 13, 1918, S. 1 ff.

soll. Hierüber sind so viele verkehrte Vorstellungen verbreitet, daß es wirklich sehr zu begrüßen wäre, wenn darin einmal ein gründlicher Wandel herbeigeführt werden könnte, und dazu dürften Tafeln dieser Art sehr geeignet sein. Leider fehlt über die Methode der Berechnung jede Andeutung, und was die Angabe besagen soll, die Fehler hielten sich innerhalb von 5 %, ist mir nicht klar, da es sich zum Teil um Abrundungen auf ganze Zahlen der ersten Dekade handelt. Hoffentlich wird der Hersteller dieser Tafel, Herr H. T. J. Norton, sein Verfahren veröffentlicht.

Die Entwicklung der Verstärkerröhre und ihre Verwendung.

Von Dr. F. Gehrts, Berlin-Charlottenburg.

Durch das einheitliche Zusammenarbeiten der hervorragendsten wissenschaftlichen und technischen Kräfte hat die Entwicklung des Fernsprech- und Telegraphenwesens, besonders auch der Funktelegraphie, unter dem Druck der Kriegsnotwendigkeit in den wenigen Kriegsjahren einen derartig rapiden Aufschwung genommen, wie wir ihn bei normalen Verhältnissen in so kurzer Zeit wohl kaum hätten erwarten dürfen. Ein wesentlicher Faktor bei dieser raschen Entwicklung war die Einführung und technische Vervollkommenung der Verstärkerröhre. Trotz ihrer äußerlichen Unscheinbarkeit ist sie sowohl für die Drahttelephonie wie für die drahtlose Telegraphie und Telephonie von epochemachender Bedeutung geworden, und der Bereich der Verwendungsmöglichkeiten auch außerhalb der Nachrichtentechnik erscheint bei weitem noch nicht erschöpft.

Die Versuche, für die Zwecke der Telephonie ein Relais zu schaffen, reichen weit zurück und hatten schon vor Einführung des Kathodenröhrenrelais in dem Brownschen Verstärker zu einer verhältnismäßig brauchbaren rein mechanischen Konstruktion geführt; mit einem derartigen Relais erhält man schon eine etwa 20-fache Verstärkung oder eine Verstärkung von etwa $\beta l = 3,0^1$.

¹⁾ Es ist in der Fernsprechtechnik üblich, den Verstärkungsgrad eines Verstärkers nicht durch das Verhältnis der Stromamplituden vor und hinter dem Verstärker anzugeben, sondern in βl . Man versteht darunter den Betrag an Dämpfung, den man vor den Verstärker schalten muß, um dieselbe Amplitude wie ohne Verstärker zu erhalten. Den Wert βl bezeichnet man als den Dämpfungsexponenten einer Leitung, wobei l die Länge der Leitung in Kilometer und β die sogenannte spezifische Dämpfung der Leitung (abhängig von Widerstand, Selbstinduktion, Kapazität und Ableitung) bedeutet. Die Bezeichnung Dämpfungsexponent rührt daher, daß bei einer Leitung mit einem bestimmten βl sich die Stromamplituden am Anfang und Ende wie $1:e^{-\beta l}$ verhalten. Die Angabe des Verstärkungsgrades eines Verstärkers in βl hat infolgedessen den Vorteil, daß sie ohne weiteres ersehen läßt, um welchen Betrag sich die Sprechfähigkeit einer Leitung durch den Einbau einer Verstärkeranordnung erhöht.

Der große Nachteil dieser Relais besteht aber in der außerordentlichen Empfindlichkeit gegen mechanische Erschütterungen und der Notwendigkeit einer dauernden Nachregulierung. Dazu kommt noch, daß eine Hintereinanderschaltung derartiger Relais zwecks Erzielung einer höheren Verstärkung infolge der dadurch bewirkten Verzerrung der Sprache nicht möglich ist.

1. Die Liebenröhre.

Alle diese Schwierigkeiten wurden durch Verwendung der nahezu trägheitslosen Gasionen zur Erzielung des Verstärkungseffektes an Stelle einer Membran oder sonstigen mechanischen Vorrichtung überwunden. Trotz der großen Veränderung bezüglich der Dimensionen, des Gasinhaltes, des inneren Aufbaues usw., welche die alte Liebenröhre von den modernen Verstärkerröhren unterscheiden, enthält die Liebenröhre doch bereits dieselben Konstruktionselemente, wie die heutigen Verstärkerlampen; die wesentlichsten Bestandteile: Glühkathode, Gitter und Anode sind geblieben. Eine Glühkathode wurde bereits früher in der drahtlosen Telegraphie als Detektor unter Ausnutzung der Gleichrichterwirkung verwendet; so benutzte *Wehnelt* eine Oxydkathode, *Fleming* einen gewöhnlichen Glühdraht,

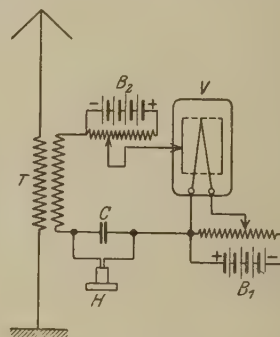


Fig. 1. Ventilröhre (Audion).

umgeben von einem als Anode dienenden Metallzylinder aus Aluminium. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie verbesserte dann diesen Detektor weiter durch Hinzufügung einer Batterie in den Kreis zwischen Glühkathode und Anode. Fig. 1 zeigt eine derartige Anordnung mit Ventildetektor, wie sie früher u. a. viel von der Marconigesellschaft benutzt wurde. T ist der Kopplungstransformator der Antenne mit dem Detektorkreis, B_1 die Heizbatterie für die Glühkathode, B_2 die Anodenbatterie, H der Fernhörer, der parallel zum Kondensator C gelegen ist, V die Ventiltröhre mit Glühkathode und zylindrischer Anode.

Die Wirkungsweise einer derartigen Ventiltröhre ist folgende: Durch die Oxydkathode resp. Glühkathode findet eine dauernde Emission von Elektronen statt mit dem Erfolge, daß dadurch der sogenannte Kathodenfall, wie er bei einer selbständigen Entladung (d. h. ohne Glühkathode) vorhanden ist, verschwindet. Infolge-

dessen genügt schon ein geringer Spannungsabfall, um durch die emittierten Elektronen im umgebenden Gase Stoßionisation hervorzurufen und mit den so entstandenen Ionen einen Elektrizitätstransport stattfinden zu lassen. Wird hingegen an die Glühkathode positive und an die kalte Elektrode negative Spannung gelegt, so verhindert der hohe Kathodenfall an der kalten Elektrode den Elektrizitätsdurchgang so lange, bis die zur Überwindung des Kathodenfalles und Hervorrufung der Stoßionisation erforderliche Spannung erreicht ist. Die Röhre zeigt also eine Gleichrichterwirkung. Durch die Ventilröhre werden nun die von der Antenne aufgenommenen und auf den Detektorkreis übertragene Wellenzüge gleichgerichtet und so im Telefon hörbar gemacht. Es mag besonders hervorgehoben werden, daß der Elektrizitätstransport in diesen Verstärkerröhren in der Hauptsache durch Gasionen aufrecht erhalten wurde, die Röhren also noch einen beträchtlichen Gasinhalt besaßen. Entsprechend ihrer Verwendung in der drahtlosen Telegraphie wurden diese Wellenanzeiger durch *de Forest* mit dem Namen „Audion“ bezeichnet.

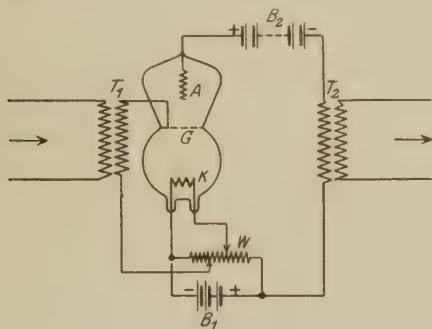


Fig. 2. Liebenröhre.

De Forest führte in die Ventilröhren auch bereits eine dritte Elektrode ein, doch konnte diese in der *de Forests*chen Anordnung noch keine Steuerwirkung, wie die Liebensche Gitterelektrode ausüben. Der erste, der die Bedeutung des Gitters für die Verstärkerwirkung der Kathodenröhre klar erkannte und zur praktischen Konstruktion ausnutzte, war *Robert v. Lieben*.

Schaltung und innerer Aufbau der Liebenröhre sind in Fig. 2 schematisch angegeben. *K* ist die Glühkathode aus zickzackförmig aufgewickeltem, mit Calciumoxyd überzogenem Platinband, *G* das siebartig durchlöchernte Gitter, *A* die spiralförmig gewundene Anode. Der zu verstärkende Strom wird über den Eingangs-Transformator *T*₁ der Liebenröhre zugeleitet, der verstärkte Strom tritt über den Ausgangsübertrager *T*₂ heraus. *B*₁ ist die Heizbatterie, *B*₂ die Anodenbatterie; mittelst des Widerstandes *W* lassen sich Heizstrom und die Gitterspannung einstellen. Als Gasinhalt wird Quecksilberdampf von einigen hundertstel Millimeter Druck verwendet. Als Heizbatterie ist eine Batterie von

etwa 30 Volt, als Anodenspannung etwa 220 Volt erforderlich. Auch in der Liebenröhre tritt wie bei den früher erwähnten Ventilröhren infolge des hohen Gasdruckes kräftige Stoßionisation ein. Ohne näher auf die einzelnen Vorgänge innerhalb der Liebenröhre einzugehen, können wir uns ihre Wirkungsweise etwa folgendermaßen vorstellen: Bei geeigneter Wahl des Gitterpotentials findet zwischen Gitter und Anode eine Glimmentladung statt, dementsprechend haben wir am Gitter einen Kathodenfall und Kathodendunkelraum. Die Größe des Kathodenfalles wird durch die Ionen beeinflusst, die im unteren Raume durch Stoßionisation der von der Glühkathode emittierten Elektronen erzeugt werden und durch das Gitter in den oberen Raum hindurchtreten. Andererseits ist die Zahl der durch das Gitter hindurchtretenden Ionen von der Spannung zwischen Gitter und Kathode abhängig. Führt also die Gitterspannung periodische Schwankungen aus, so schwankt die Größe des Kathodenfalles am Gitter und damit der innere Widerstand der Röhre entsprechend. Infolge der Proportionalität zwischen Gitterspannung und Anodenstrom ergibt die Röhre damit bei der verschwindend geringen Trägheit der Gasionen eine verzerrungsfreie Übertragung der im Eingangstransformator ankommenden Sprechströme. Die mit der Liebenröhre erreichte Verstärkung ist ungefähr 33-fach ($\beta l = 3,5$).

Trotz der bedeutenden Überlegenheit über die bisher vorhandenen Verstärker zeigte die Liebenröhre infolge ihres Gasinhaltes doch eine Reihe von Mängeln, die ihre Verwendung bisweilen sehr erschwerten. Hierher gehört die große Temperaturempfindlichkeit, die beispielsweise die Konstruktion besonderer Röhren für die Tropen erforderlich machte.

2. Die Hochvakuumröhre.

Es war daher ein außerordentlicher Fortschritt, als man von der gasgefüllten Verstärkerröhre zur Hochvakuumröhre überging, bei der der Elektrizitätstransport lediglich durch Elektronen stattfindet, die von einer glühenden Kathode emittiert werden. Erst die Einführung der Hochvakuumröhre gestattet die Herstellung von Verstärkerröhren mit absoluter Konstanz und gewährleistet eine gleichmäßige Fabrikation. Während wir bei der Liebenröhre einen Druck von $\frac{1}{1000}$ Millimeter hatten, werden die Hochvakuumröhren bis zu einem Druck von $1 \cdot 10^{-6}$ mm und darunter mittelst der modernen Vakuummethode (Gaedesche Diffusionspumpe in Verbindung mit flüssiger Luft) ausgepumpt. Die Zahl der in diesen Verstärkerröhren durch Stoßionisation erzeugten Gasionen ist bei gutem Vakuum nur eine äußerst geringe, so daß sie gleichzeitig als Maß für die Güte des Vakuums benutzt werden kann. Die Wirkung des Gitters ist bei der Hochvakuumröhre im Prinzip dieselbe wie bei der

Liebertöhre; die Potentialschwankungen am Gitter beeinflussen die Zahl der durch das Gitter tretenden Elektronen und damit den Widerstand des Rohres. Auch die Schaltung ist dieselbe geblieben wie beim Liebertrohr (vergl. Fig. 3). T_1 und T_2 sind wieder je ein Eingangs- und Ausgangsübertrager, B_1 die Heizbatterie, B_2 die Anodenbatterie und B_3 eine besondere Gitterspannung, um dem Gitter die erforderliche Gleichspannung aufzudrücken. A ist die Anode, G das Gitter und K die Glühkathode. Fig. 4 und 5

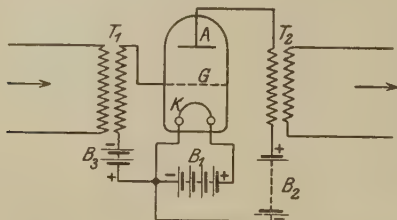


Fig. 3. Hochvakuumverstärker (Einfachgitterrohr).



Fig. 4.
Einfachgitterlampe
Type K 1.



Fig. 5.
Einfachgitterlampe
Type K 6.

zeigen zwei derartige Verstärkerröhren der A. E. G. Als Material für die Anodenbleche wird Molybdän und Tantal für größere Röhren, für kleinere Kupfer verwendet. Die Ausführungsformen der Gitter der Verstärkerröhren sind außerordentlich mannigfaltig; bei älteren Röhren besteht das Gitter aus einem spiralförmig gewundenen Draht, spätere Ausführungsformen, z. B. die K 6-Lampe der A. E. G. haben plattenförmige Anoden zu beiden Seiten des Glühdrahts. Das Gitter ist bei der K 6-Röhre durch Aufwickeln eines Wolframdrahtes aus einem Glasrähmchen hergestellt. In der Abbildung sind Glühdrahtgitter und Anodenbleche erkennbar. Telefunken und Siemens & Halske ver-

wenden bei ihren Lampen auch konzentrische Anordnungen und gestanzte Gitter.

Die Verstärkerwirkung der Hochvakuumverstärkerröhren läßt sich am einfachsten an Hand einer sogenannten „Charakteristik“ ansehen. Als Charakteristik bezeichnet man eine Kurve, als deren Ordinate die Stromstärke im Anodenkreis und als deren Abszisse die Gitterspannung aufgetragen ist; vorausgesetzt wird hierbei, daß Anodenspannung und Heizstromstärke konstant gehalten werden. Verändert man auch die Anodenspannung, so erhält man eine Schar von Charakteristiken, die sich mit wachsender Anodenspannung formgetreu nach der Seite negativer Gitterspannungen verschieben. Fig. 6 gibt eine derartige Kurvenschar schematisch wieder. Wie man an den dargestellten Charakteristiken sieht, ergibt eine Veränderung der Gitterspannung ein starkes Abfallen bzw. Ansteigen des Anodenstromes. Für die Verwendung der Verstärkerröhre als Telephonrelais kommt nur der geradlinig verlaufende Teil der Charakteristik in Frage, da eine



Fig. 6. Charakteristikenschar (P_A bedeutet das Anodenpotential).

Verzerrung der Sprache eintritt, sobald man auf dem unteren auf der Abszisse verlaufenen Teil der Charakteristik oder im Bereich des Sättigungsstromes arbeitet. Das Anodenpotential wählt man zweckmäßigerweise stets so, daß das Gitterpotential stets negativ bleibt, um einen Gitterstrom, der durch eine positive Gitterspannung hervorgerufen würde, zu vermeiden. Das durch die Anode am Gitter hervorgerufene Potential setzt sich mit dem Potential des Gitters zu einem resultierenden Potential zusammen, das für den durch das Rohr gehenden Strom maßgebend ist. Da nun das Gitter dauernd auf negativem Potential gehalten wird, ein Abfluß von Elektronen über das Gitter also nicht möglich ist, so geht der gesamte Elektronenstrom dann über die Anode. Aus den Kurven ersieht man auch, daß für den Verstärkungsgrad einer Verstärkerröhre die „Steilheit“ der Charakteristik, d. h. die Neigung gegen die Abszissenachse maßgebend ist. Die Leistung des Rohres dagegen wird durch die Größe des Sättigungsstromes bestimmt.

Um die Fortschritte, die bei der weiteren Durchbildung der Hochvakuumröhre gemacht

sind und die von der Konstruktion der Einfachgitterlampen zu den Doppelgitterlampen führte, verstehen zu können, müssen wir etwas näher auf die Vorgänge innerhalb des Verstärkerrohres eingehen. Wir wollen zunächst einen einfachen Fall betrachten, beispielsweise einen Glühfaden als Kathode, der von einem coaxialen Zylinder umgeben ist, wie es z. B. bei Telefunkeröhren der Fall ist.

Durch Anwendung der kinetischen Gastheorie auf die Elektronentheorie der Metalle hatte *Richardson* für einen glühenden Draht die Gleichung abgeleitet:

$$i = a \sqrt{T} \cdot e^{-\frac{b}{T}},$$

worin i den Sättigungsstrom, T die Temperatur, a und b Konstanten bedeuten. Da wir annehmen können, daß die Elektronen den Glühdraht mit sehr geringer Geschwindigkeit verlassen, so müßten wir schon bei ganz geringem negativen Anodenpotential den Sättigungsstrom, dessen Größe durch die obige Formel angegeben wird, erhalten. Dies ist aber nicht der Fall, sondern wir erhalten den Sättigungsstrom erst bei erheblichen positiven Potentialen. Der Grund hierfür wurde durch die Arbeiten von *Langmuir* und *Schottky* aufgedeckt und beruht in dem sogenannten *Raumladungseffekt*. Die von dem Glühdraht emittierten Elektronen bilden um diesen eine Elektronenwolke und verhindern durch ihre negative Ladung den Durchgang von Elektronen zur Anode. Auf diese Weise wird bei einem bestimmten Anodenpotential nicht der durch die *Richardson*sche Gleichung gegebene Sättigungsstrom erreicht, sondern der Strom erreicht nur einen Wert, der außer durch das Anodenpotential durch den Anodenabstand und die sonstigen Dimensionen der Anordnung bestimmt ist. Für den oben angegebenen Fall des Elektronenstromes zwischen einem Glühdraht und einem coaxialen Zylinder hat dieser Strom nach *Langmuir* und *Schottky* den Wert:

$$i = 14,65 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{l}{r} \cdot P^{3/2},$$

worin l die Länge, r den Radius des Zylinders und P dessen Potential bedeutet. Durch den Raumladungseffekt wird also bewirkt, daß der Sättigungsstrom erst bei einer verhältnismäßig hohen Anodenspannung erreicht wird. *Langmuir* hat auch das Mittel angegeben, um den Raumladungseffekt bei Verstärkerrohren herabzusetzen: die Einführung eines zweiten Gitters, das positiv geladen, einen Teil der Elektronenwolke absaugt. Dieses Gitter wird zwischen Glühkathode und dem Steuergitter angebracht. Auf diese Weise ist man zu der Konstruktion der sogenannten Doppelgitterröhren gelangt, wie sie in Deutschland zuerst von der A. E. G. gebaut wurden.

Von der Firma Siemens & Halske sind Doppelgitterröhren hergestellt, die ein zweites Gitter, ein sogenanntes „Schutzgitter“ zwischen Anode und Steuergitter besitzen. Dieses Gitter hat den

Zweck, die Rückwirkung der Anode auf das Steuergitter herabzusetzen. Auch auf diese Weise läßt sich eine Erhöhung der Verstärkung bei niedrigerem Anodenpotential erzielen.

Durch die Einführung der Doppelgitterlampen ist es möglich geworden, Apparate mit Verstärkerrohren (z. B. als Empfangsapparate für Erdtelegraphie) herzustellen, die keine besondere Anodenbatterie mehr benötigen, sondern welche die erforderliche Anodenspannung unter Hinzuschaltung einiger kleiner Elemente aus der Heizbatterie beziehen.

Neben dem Bestreben, die erforderliche Spannung der Anodenbatterie möglichst herabzusetzen resp. eine besondere Anodenbatterie ganz zu beseitigen, sind Versuche und Vorschläge gemacht worden, auch die Heizbatterie wegfällen zu lassen. Derartige Rohre sind das *Marxrohr* und das *Kosselrohr*, beide nach ihren Erfindern genannt. Diese Rohre besitzen keine Glühkathode, sondern arbeiten mit selbständiger Entladung in Gasen. Das Marxrohr enthält eine Kaliumkathode und verwendet als Gasfüllung Helium. Die Wir-

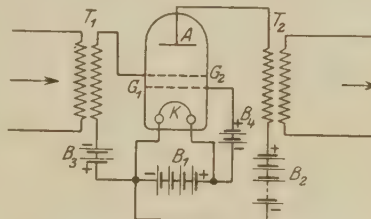


Fig. 7. Doppelgitterrohr.

kungsweise beruht auf der Tatsache, daß das Kathodengefälle Kalium-Helium sehr gering ist, und damit auch die Entladungsspannung.

3. Die Hochvakuumröhre als Verstärkerrohre.

Parallel mit den Fortschritten, die hinsichtlich des inneren Aufbaues der Verstärkerrohren gemacht wurden, ging auch die Entwicklung der für den Verstärkerbetrieb erforderlichen Schaltungen.

Man unterscheidet auf einer Fernsprechleitung je nach der Art des Einbaues der Verstärkeranordnung sogenannte Anfangs-(End-) Verstärker und Zwischenverstärker. Unter Anfangs- bzw. Endverstärkern versteht man Verstärkeranordnungen, die am Anfang resp. Ende der Leitungen eingebaut sind, unter Zwischenverstärkern solche, die in der Mitte der Leitung verlegt oder auf der Leitung verteilt sind. Da der Verstärker für die Sprechströme nur in *einer* Richtung durchlässig ist, so ist es erforderlich, besondere Schaltungen zu verwenden, wenn bei einer Endverstärkerstelle sowohl der abgehende wie der ankommende Strom verstärkt werden soll und ebenso um bei einer Zwischenverstärkerstelle den verstärkten Stromdurchgang nach *beiden* Richtungen zu ermöglichen. Fig. 8 gibt eine von den Fernsprechtrupps im Kriege vielfach verwendete Endverstärkerschaltung wieder, die sogenannte Vierdrahtschaltung, zuerst angegeben von

dem Holländer *van Kesteren*. In der Abbildung bedeutet H den Fernhörer, M das Mikrophon, S_1 und S_2 die Sekundär- und die Primärspule einer Differentialspule, S_3 die Sprechspule des Teilnehmerapparates, V_1 und V_2 sind zwei Verstärker, V_1 zur Verstärkung des ankommenden, V_2 zur Verstärkung des abgehenden Stromes. Beide Verstärker sind zusammen mit einer künstlichen Leitung in einer „Dämpfungsschaltung“ vereinigt. Diese Dämpfungsschaltung hat den Zweck, eine Rückwirkung des Verstärkers V_1 auf den Verstärker V_2 zu vermeiden. Es geschieht das in folgender Weise: Die beiden Spulenhälften von S_2 , die künstliche Leitung und die Fernleitung bilden die Zweige einer Brückenschaltung. Wenn die beiden Hälften von S_2 sowohl hinsichtlich ihres Ohmschen Widerstandes, wie ihrer Selbstinduktion gleich sind, so findet keine Rückwirkung des Verstärkers V_1 auf den Verstärker V_2 statt, falls die künstliche Leitung K mit der Fernleitung abgeglichen ist. Hierzu ist die Übereinstimmung der elektrischen Größen, soweit sie zur Erreichung der Strom-

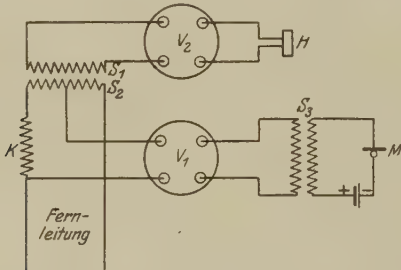


Fig. 8. Schaltung für Endverstärkung.

losigkeit der Brücke in Frage kommen, erforderlich. Bei oberirdischen Freileitungen genügt im allgemeinen eine Nachbildung der Fernleitung in Form einer sogenannten H-Schaltung, worunter man eine H-förmige Anordnung von induktionsfreien Widerständen versteht. Größer werden die Schwierigkeiten beim Ausgleich eines Pupinkabels oder einer Leitung, die aus oberirdischen Freileitungen, verbunden mit Pupinkabeln besteht, wie man es z. B. vielfach in Großstädten hat, wo die von draußen hereinkommenden Fernleitungen mittelst Pupinkabel in die Ämter eingeführt sind. Ist die oben erwähnte Bedingung der Gleichheit zwischen künstlicher Leitung und Fernleitung nicht erfüllt, so übertragen sich die Schwingungen der Schallplatte des Mikrophons M verstärkt auf den Fernhörer H und das ganze System fängt an zu pfeifen; wir haben dann dieselben Verhältnisse, nur unerwünscht auftretend, wie beim Mikrophonsummer.

Die in Fig. 8 angegebene Vierdrahtschaltung kann auch als Zwischenverstärkerschaltung verwendet werden. Sie besitzt aber dann den großen Nachteil, daß auf einer Seite der Verstärkerschaltung 2 Fernleitungen beansprucht werden. Dieser Übelstand ist bei den sogenannten „Gegensprechschaltungen“ vermieden.

Fig. 9 zeigt eine derartige Schaltung, wie sie von der Reichspost verwendet wird. Im Gegensatz zu den später zu besprechenden Schaltungen mit 2 Verstärkerröhren nennt man diese Schaltung „Einrohrschaltung“. Bei dieser Schaltung wird für nach 2 Richtungen durchgehende Sprechströme nur ein Verstärker benutzt. Die Wirkungsweise ist folgende:

Angenommen, es treffen über die Fernleitung 1 Sprechströme auf den Verstärker und gehen durch die Spulen S_2 , A_1 , S_3 ; dann wird durch die Spulen S_2 und S_3 in den Spulen S_1 und S_4 ein Induktionsstrom erzeugt, der durch die Spulen S_1 , G_1 , S_4 , S_5 , S_6 fließt; die Spule G_1 drückt wiederum über die Spule G_2 dem Gitter des Verstärkers eine Wechselspannung im Rhythmus der Sprechströme auf. Der verstärkte Strom geht auf der Anodenseite durch die Spule A_2 und wirkt induzierend auf die Spulen A_1 und A_2 , so daß also in beiden Fernleitungen der verstärkte Strom fließt. Die Spulen S_2 und S_3 der Fernleitung 1 und S_6 und S_7 der Fernleitung 2 induzieren ihrerseits wieder je einen

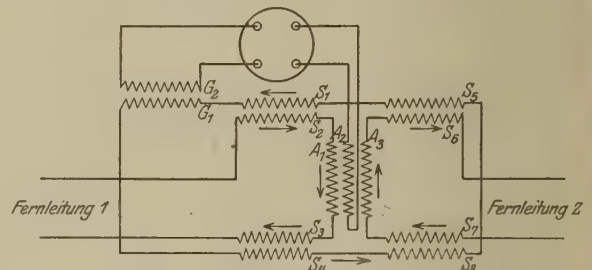


Fig. 9. Gegensprechschaltung (Einrohrschaltung).

Strom im Stromkreis S_1 , G_1 , S_4 , S_5 , S_6 . Infolge der Anordnung der Spule heben sich diese beiden Ströme aber gerade auf, vorausgesetzt, daß der Scheinwiderstand der beiden Fernleitungen sowohl dem Betrage wie der Phase nach gleich ist. Die Wirkung der Gegensprechschaltung besteht danach darin, daß eine Rückwirkung des Anodenstromkreises auf den Gitterstromkreis infolge Rückkopplung vermieden wird. Wie später noch gezeigt werden wird, führt diese Rückkopplung zum Entstehen von Schwingungen, deren Frequenz von der Selbstinduktion und Kapazität der Transformatoren und Leitungen abhängt und teils im hörbaren Gebiet, teils außerhalb desselben liegt, auf alle Fälle aber die Verständigung beeinträchtigt und die Verstärkung herabsetzt.

In neuester Zeit wird eine Schaltung verwendet, bei der die Gleichheit der Scheinwiderstände auf beiden Seiten des Verstärkers nicht mehr erforderlich ist. Diese Schaltung unterscheidet sich von der alten Gegensprechschaltung dadurch, daß jeder Fernleitung ein besonderer Verstärker und eine besondere künstliche Leitung zugeordnet ist. Auf diese Weise ist es möglich, auch Leitungen von verschiedenem Scheinwiderstand und verschiedener Charakteristik, z. B.

Freileitungen und Pupinkabel miteinander über einen Verstärker zu verbinden.

Mit Hilfe derartiger Verstärkerschaltungen ist es möglich geworden, im telephonischen Verkehr Entfernungen zu überbrücken, deren Bewältigung noch vor wenigen Jahren für völlig unmöglich gehalten wurde. So besteht heute z. B. in Nordamerika eine telephonische Verbindung zwischen New York und San Francisco, eine Strecke von über 4000 km. Die Gesamtdämpfung der Leitung beträgt $\beta l = 2,24$. Die Sprechverständigung ist also fast ebenso gut wie auf einer Stadtleitung mittlerer Länge. Diese enorme Leistung wurde durch Einschalten von 6 Zwischenverstärkern auf der mit 400 Pupinspulen ausgestatteten Leitung erreicht. Ebenso sind die Schwierigkeiten, die sich bisher beim Arbeiten mit Verstärkern auf Pupinkabeln ergaben und die in erster Linie die Herstellung eines passenden Leitungsausgleiches mittelst künstlicher Leitung betrafen, überwunden, so daß die Möglichkeit eines überseeischen Fernsprechverkehrs bereits bedeutend näher gerückt ist. In Nordamerika wird die Erdkabelleitung Boston—Washington über New York und Philadelphia bei einer Länge von etwa 800 km mit einem Dämpfungs-

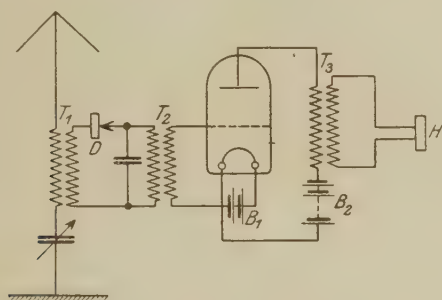


Fig. 10. Niederfrequenzverstärker.

exponenten von $\beta l = 1,15$, also einer sehr guten Verständigung betrieben. Auch hier wird dieses Resultat durch gleichzeitige Verwendung von Pupinspulen und Zwischenverstärkern erreicht. Vergleichsweise sei hier eine von *Breisig* hinsichtlich der Sprechverständigung angegebene Tabelle erwähnt. Danach kann die Verständigung bezeichnet werden bei einem

- $\beta l = 3,0$ gut,
- $\beta l = 3,5$ befriedigend,
- $\beta l = 4,3$ Grenze bequemer Verständigung,
- $\beta l = 4,8$ Verständigung mit großer Mühe.

Wie die Grenze des telephonischen Verkehrs durch die Verstärkerrohre um Tausende von Kilometern erweitert ist, so ist es auch in der drahtlosen Telegraphie erst mit Hilfe des Verstärkers möglich gewesen, die gewaltigen Reichweiten zu erzielen, mit denen wir heute arbeiten. Mit einer Antenne von wenigen Quadratmetern Fläche, die innerhalb eines Zimmers untergebracht werden kann, ist es heute möglich, nahezu sämtliche europäischen größeren Stationen aufzunehmen.

Je nach der Verwendungsart des Verstärkers unterscheidet man zwischen Hochfrequenz- und Niederfrequenzverstärker. Als Hochfrequenzverstärkung bezeichnet man die direkte Verstärkung der Hochfrequenzschwingungen der Antenne und der mit ihr gekoppelten Schwingungskreise, dagegen versteht man unter Niederfrequenzverstärkung die Verstärkung der niederfrequenten Detektorströme. Fig. 10 zeigt eine derartige Schaltung für Niederfrequenzverstärkung. T_1 ist ein Transformator, der den Detektorkreis mit der Antenne koppelt, T_2 und T_3 sind Eingangs- und Ausgangstransformator der Verstärkeröhre, B_1 und B_2 Heiz- und Anodenbatterie, H der Fernhörer. Fig. 11 stellt eine Schaltung für Hochfrequenzverstärkung dar. Die Verstärkeröhre verstärkt die durch den Transformator T_1 übertragenen Antennenströme, die dann weiter mittelst des Ausgangstransformators T_2 auf den Detektorkreis übertragen werden.

Zur Erzielung einer höheren Verstärkung werden mehrere Verstärkerrohren in sogenannter Kaskadenschaltung hintereinandergeschaltet. Dabei wird die Sekundärspule des Ausgangstransformators der vorangehenden Verstär-

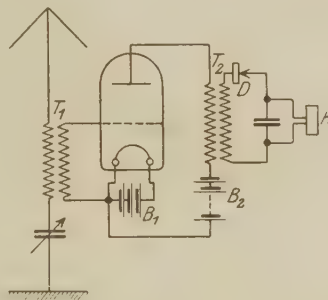


Fig. 11. Hochfrequenzverstärker.

kers als Primärspule des Gittertransformators des folgenden Verstärkers benutzt. Auf diese Weise ist es möglich geworden, bis zu 10 000-facher Verstärkung zu gelangen. Ausführungen von Empfangsverstärkern in Kaskadenschaltung zeigen die Fig. 12—14, der Zweiröhrenverstärker der Fig. 12 ist eine Ausführung von Telefunken, Fig. 13 und 14 ein Dreiröhren- resp. Vierröhrenverstärker der A. E. G. Bei dem Dreiröhrenverstärker der A. E. G. ist durch die Verwendung der oben beschriebenen Verstärkerrohren mit Doppelgitter die erforderliche Anodenspannung soweit herabgesetzt, daß eine besondere Anodenbatterie nicht erforderlich ist. Die Anodenspannung wird durch die Heizbatterie von 6 Volt unter Zuschaltung zweier im Kasten selbst untergebrachter Trockenelemente geliefert. Hoch- und Niederfrequenzverstärkung können natürlich auch gleichzeitig verwendet werden.

Abgesehen von der Benutzung als Verstärker kann die Verstärkeröhre infolge ihrer Gleichrichterwirkung auch an Stelle eines Detektors verwendet werden und ist dem Kristalldetektor

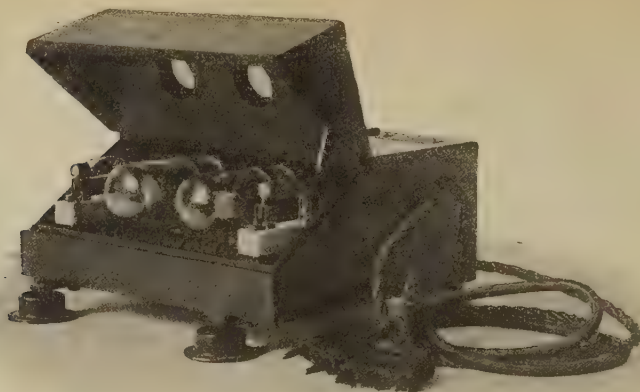


Fig. 12. Telefunken-Zweiröhrenverstärker.

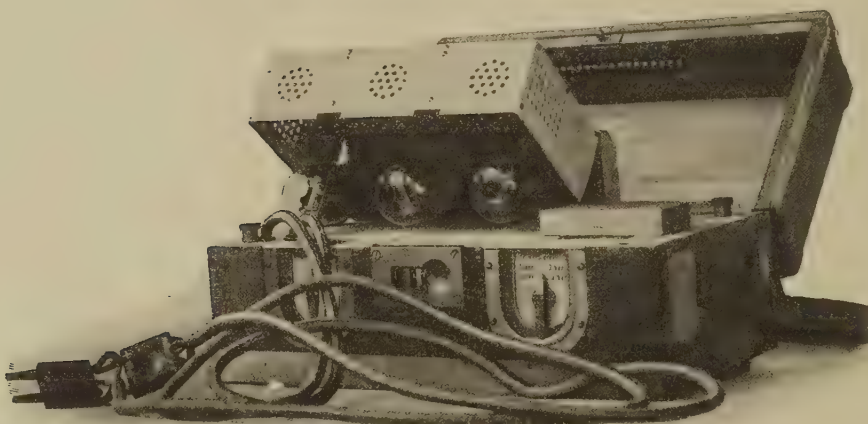


Fig. 13. Dreiröhrenverstärker (A. E. G.).



Fig. 14. Vierröhrenverstärker (A. E. G.).

hinsichtlich Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit bedeutend überlegen. Man bezeichnet einen derart als Detektor verwendeten Verstärker als „Audion“. Fig. 15 zeigt eine Schaltung für Audionempfang. Die Wirkungsweise des Audions ist dabei folgende: Vor dem Gitter liegt ein kleiner Kondensator C ; dieser Kondensator wird durch die ankommenden hochfrequenten Schwingungen auf der der Antenne zugekehrten Seite abwechselnd positiv und negativ geladen. Wir wollen zunächst einmal annehmen, daß die Antennenseite positiv geladen sei; dann ist die Gitterseite des Kondensators negativ und das Gitter selbst somit positiv geladen. Infolgedessen wird ein Teil der Elektronen aus dem Anodenstrom herausgesaugt. Geht jetzt die Spannung

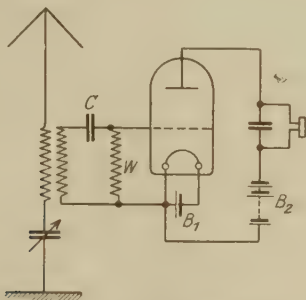


Fig. 15. Audionempfang.

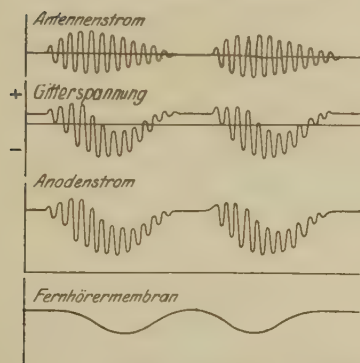


Fig. 16. Vorgang beim Audionempfang.

auf der Antennenseite des Kondensators durch Null, so besitzt das Gitter eine durch die abgesaugten Elektronen hervorgerufene negative Ladung. Erreicht die Spannung aus dem Kondensator ihr negatives Maximum, so ist das Gitter um den Betrag der abgesaugten Elektronen negativer als beim vorangehenden Wechsel. So schaukelt sich die negative Spannung am Gitter allmählich herauf, um beim Abklingen der Schwingung sich über den Widerstand W wieder auszugleichen. In demselben Maße, wie die negative Gitterspannung wächst, wird der Anodenstrom abgedrosselt, so daß man im Telefon einen Ton hört, der der Zahl der ankommenden Wellenzüge entspricht, also bei tönenden Funken mit dem Ton der Sendestation übereinstimmt (vergl. Fig. 16). Die Wirkung des Audions kann noch verstärkt werden durch Rückkopplung des Anodenstromkreises auf die Antenne. Beim Empfang

gedämpfter Wellen muß indessen durch genügend lose Kopplung die Erregung von Schwingungen durch die Verstärkerröhre vermieden werden.

Bisher haben wir die Verstärkerröhre lediglich als Empfangsgerät für gedämpfte Schwingungen, wie sie durch Stationen mit tönenden Funken oder durch Knallfunken ausgesandt werden, kennen gelernt. Die moderne drahtlose Telegraphie ist indessen bereits in großem Maßstabe zur Verwendung der ungedämpften Wellen auch bei kleinen und kleinsten Stationen übergegangen. Die Vorteile des Arbeitens mit ungedämpften Wellen sind so in die Augen fallend, daß es bereits seit langem das Bestreben war, geeignete Methoden zum Senden und Empfang dafür zu finden. Zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Wellen stand bisher außer den Hochfrequenzmaschinen, die indessen nur für Großstationen in Frage kommen, der Poulsen-Lichtbogen zur Verfügung. Die Poulsenlampe befriedigt aber die Anforderungen, die an einen Gene-

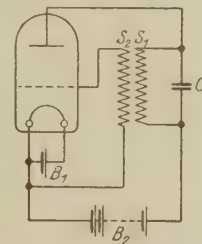


Fig. 17. Generatorschaltung.

rator für drahtlose Telegraphie hinsichtlich Konstanz der Frequenz zu stellen sind, nicht. Hier setzte die Verstärkerröhre als Schwingungserzeuger für ungedämpfte Schwingungen ein und führte damit die Anwendung der ungedämpften Wellen in der drahtlosen Telegraphie zu einer ungeahnten Entwicklung.

4. Die Hochvakuumröhre als Schwingungserzeuger.

Es wurde im Vorhergehenden schon gelegentlich darauf hingewiesen, daß durch Rückkopplung des Anodenkreises mit dem Gitterkreis unter geeigneten Bedingungen Schwingungen entstehen können. Dieses Prinzip der Rückkopplung wurde 1913 von Meißner entdeckt und ist von fundamentaler Bedeutung für die Entwicklung der gesamten drahtlosen Telegraphie geworden.

Fig. 17 ist eine Schaltung, wie sie zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen mittelst Verstärkerröhren benutzt werden kann. Beim Anlegen der Anodenbatterie lädt sich der Kondensator C auf und es entstehen in dem aus dem Kondensator C und der Selbstinduktion der Spule S_1 bestehenden Schwingungskreis schwach gedämpfte Schwingungen. Infolge der Kopplung durch die Spule S_2 finden am Gitter Spannungsschwankungen in demselben Rhythmus statt, die ihrerseits wieder die Stärke des durch

die Verstärkerröhre gehenden Elektronenstromes beeinflussen und so Stromschwankungen im Anodenkreise von demselben Rhythmus erzeugen. Infolgedessen findet eine dauernde Energiezufuhr zu dem Schwingungskreise S_1C statt, bis sich ein Gleichgewichtszustand einstellt, in dem die *verbraachte* Schwingungsenergie *gleich* der *aufgenommenen* ist; wir haben also dann in dem Schwingungskreise S_1C ungedämpfte Schwingungen. Wichtig für das Arbeiten der Verstärkerröhre als Schwingungserzeuger ist, daß Gitterspannung und Anodenspannung einen Phasenunterschied von 180° haben, das Gitter muß also negativ sein, wenn die Anode positiv ist und umgekehrt. Dieser Phasenunterschied kann durch die verschiedensten Schaltungen erreicht werden, z. B. durch Verlegen des Schwingungskreises in den Gitterkreis oder durch Abtrennung des Schwingungskreises und induktive Kopplung mit Anoden- und Gitterkreis. Außerdem ist erforderlich, daß Gitterspannung und Anodenspannung ein bestimmtes Verhältnis zueinander haben; letzteres kann durch Veränderung der Kopplung und passende Wahl der Selbstinduktion im Gitterkreis erreicht werden. Die Frequenz der erzeugten ungedämpften Schwingungen ist bei entsprechend loser Kopplung gleich der Eigenfrequenz des Schwingungskreises S_1C . Durch passende Wahl der Selbstinduktion der Spule S_1 und der Kapazität C kann man von Frequenzen, denen eine Wellenlänge von nur wenigen Metern entspricht, bis zu den niedrigsten Frequenzen der technischen Wechselströme gelangen. Die ersten Versuche, ungedämpfte Schwingungen mittelst Verstärkerröhren zu erzeugen, wurden bereits mit der Liebenröhre gemacht, wobei es gelang, mit 400 Volt Anodenspannung eine Schwingungsenergie von 10–12 Watt zu erzeugen. Inzwischen ist die Herstellung von Senderöhren soweit vorgeschritten, daß wir heute Röhren von 2 kW und darüber haben. Eine Röhre von 500 Watt Leistung zeigt Fig. 18. Der Glühfaden ist V-förmig angeordnet und wird mittelst einer Spiralfeder gespannt; das Gitter ist durch Aufwickeln eines Fadens auf 4 quadratisch angeordnete Gitterstäbe hergestellt. Die Zuleitungen zum Glühfaden und Gitter sind unten im Sockel der Röhre, die Zuleitung zur Anode oben an der Röhre. Infolge der Vervollkommenung der Röhrentechnik bietet auch die Parallelschaltung von Senderöhren keine Schwierigkeiten mehr; so sind beispielsweise Stationen von 10 kW Leistung durch Parallelschaltung von dreiBig 500-Watt-Senderöhren gebaut worden. Zur Erzielung einer guten Leistung der Senderöhren sind Gleichstromspannungen von einigen Tausend Volt (1000 bis 4000 Volt) erforderlich. Da es bisher noch nicht gelungen ist, Gleichstrommaschinen für diese Spannungen in zufriedenstellender Weise zu bauen, hat sich die Verwendung von Kathodenröhrengleichrichtern mit Oxydkathode, wie sie von der Akkumulatorenfabrik A.-G. geliefert werden, für kleine Leistun-

gen und für große Leistungen von Quecksilberdampfgleichrichtern eingeführt.

5. Die Hochvakuumröhre beim Empfang ungedämpfter Wellen (Schwebungsempfang).

Die Verstärkerröhre als Schwingungserzeuger gab auch ein außerordentlich erwünschtes Mittel zum Empfang ungedämpfter Wellen mittelst des sogenannten „Schwebungsempfanges“. Die Grundzüge des Schwebungsempfanges waren bereits durch *Fessenden* angegeben; aber erst durch Einführung der Verstärkerröhre als Schwingungserzeuger gelang es, den Schwebungsempfang zu einer wirklich brauchbaren Empfangsmethode für ungedämpfte Wellen auszubilden. Trifft ein Wellenzug in der Antenne aufgenommener ungedämpfter Schwingungen auf den Detektor, so



Fig. 18. 500-Watt-Senderöhre.

wird sich dieser nur durch ein einmaliges Knacken bemerkbar machen; ein Empfang ist also ohne besondere Zusatzvorrichtungen ausgeschlossen. Durch Zerhacken der ankommenden Hochfrequenzschwingungen in einem bestimmten Rhythmus mittelst eines Tickers oder Schleifers lassen sich die ankommenden Wellen im Telefon aufnahmefähig machen. Doch ist das nur eine ziemlich unvollkommene Empfangsmethode, da die ankommenden Schwingungen sich nur als Geräusch, nicht aber als regelmäßiger Ton bemerkbar machen. Beim Schwebungsempfang wird dem Empfangskreis außer der ankommenden Schwingung noch eine zweite Frequenz (Hilfsfrequenz) aufgedrückt, die von der ankommenden nur wenig verschieden ist. Es entstehen dann

zwischen der aufgenommenen und der Hilfsfrequenz Schwebungen, die sich als Ton im Telephon bemerkbar machen. Durch passende Wahl der Hilfsfrequenz läßt sich dann jeder beliebige Ton einstellen. Vor Einführung des Kathodenröhren-Schwingungserzeugers benutzte man zur Herstellung der Hilfsfrequenzen die Poulsenlampe oder auch einen Summer. Eine umfassendere Verwendung des Schwebungsempfanges war aber damit bei der mangelnden Konstanz der Schwingungen sowohl hinsichtlich der Frequenz wie der Amplitude ausgeschlossen. Erst infolge der außerordentlichen Konstanz der mit der Kathodenröhre erzeugten Schwingungen war die Möglichkeit für eine allgemeine Verwendung des Schwebungsempfanges gegeben. Fig. 19 zeigt eine derartige Schaltung für Schwebungsempfang (auch Überlagerungsempfang genannt). Die Hilfsfrequenz wird durch die Verstärkeröhre im Schwingungskreise S_1C erzeugt und durch die Kopplungsspule S_3 auf der Antenne übertragen. Der Detektorkreis ist mittelst des aus den Spulen S_4 und S_5 bestehenden Transformators mit der Antenne gekoppelt. Durch Ein-

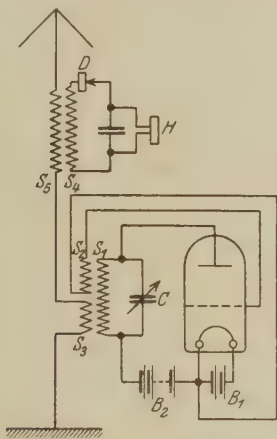


Fig. 19. Überlagerungsempfang.

stellung des veränderlichen Kondensators C wird nun in der Antenne eine passende Schwebungsfrequenz erzeugt und mittelst des Detektors D im Fernhörer H aufgenommen. An Stelle des Detektors kann natürlich auch die oben beschriebene Audionsschaltung verwendet werden.

Im vorangehenden sind die Verwendung der Verstärkeröhre in der Fernsprech- und Telegraphentechnik mit und ohne Draht und die außerordentlichen Fortschritte, die in den wenigen Jahren seit ihrer Einführung gemacht sind, geschildert. Aber damit ist das Verwendungsgebiet des Kathodenröhrenverstärkers bei weitem noch nicht erschöpft. In weitgehendem Maße werden Senderöhren anstatt Löschfunkenstrecke bereits für die Zwecke der Diathermie in der Medizin benutzt. Vielleicht ist auch die Verstärkeröhre berufen, das alte Edisonsche Problem der sprechenden und singenden Kinematographie auf neuem Wege zu lösen. Jedenfalls geht man

wohl nicht fehl mit der Annahme, daß die Entwicklung der Verstärkeröhre, sowohl was ihren inneren Bau wie ihre Verwendung betrifft, noch keineswegs abgeschlossen ist, sondern daß eine große Reihe technischer Aufgaben noch der Lösung mit ihrer Hilfe harren.

Besprechungen.

Winterstein, Hans, *Die Narkose. Monographien aus dem Gesamtgebiete der Physiologie der Pflanzen und der Tiere.* 2. Band. Berlin, Julius Springer, 1919. IX, 319 S. und 7 Fig. Preis geh. M. 16,—, geb. M. 18,—.

Die Resultate der physiologischen Forschung sind fast gänzlich in Fachzeitschriften publiziert, größere Zusammenfassungen selbst beträchtlichen Umfangs in den wertvollen, aber auch nur dem Fachmann zugänglichen „Ergebnissen der Physiologie“ (L. Asher und K. Spiro). Demgegenüber kann die Veröffentlichung von physiologischen Monographien in Buchform, wie sie in dieser neuen Sammlung beabsichtigt wird, als ein willkommener Versuch betrachtet werden, die Probleme der Physiologie größeren biologisch und medizinisch interessierten Kreisen verständlich zu machen, gleichzeitig aber auch durch Lenkung des Interesses der Forscher selbst auf die „Lebensfragen“ ihrer Wissenschaft dort anregend zu wirken, wo sich ein beträchtliches methodisches Können und vielseitiges Wissen nicht immer mit einem Blick für das Wesentliche paart.

So faßt auch der Rostocker Physiologe Winterstein sein Thema, die Narkose, an, das für eine kritische Behandlung gerade jetzt besonders geeignet erscheint; ist doch der Mechanismus der Narkose in den letzten Dezennien Gegenstand lebhafter Diskussion gewesen und hat gerade in allerjüngster Zeit eine weitgehende, wenn auch nicht restlose Aufhellung erfahren. So sieht denn der Verfasser mit Rücksicht hierauf kritisch das große Forschungsmaterial — mehr als 700 experimentelle Arbeiten sind bibliographisch registriert und verwertet — und arbeitet geschickt aus dem Wust der Einzelforschung das Haltbare und theoretisch Wichtige heraus, wobei er sich unter Fortlassung aller praktisch-medizinischen Gesichtspunkte ganz auf die allgemein-physiologische Seite der Frage beschränkt.

Die zentrale Bedeutung der Narkose für die Analyse der Lebenserscheinungen ist zuerst von Claude Bernard festgestellt durch die Entdeckung der allgemeinen Narkotisierbarkeit beliebiger Zellen und Organe im ganzen Tier- und Pflanzenreich und aller Arten von Lebensfunktionen durch eine große Zahl chemisch indifferenten Substanzen. Demgemäß müssen wir heute unter Narkose viel mehr verstehen als die reversible Ausschaltung der nervösen Funktionen, oder gar nur des Großhirns. Nach Winterstein ist „Narkose ein durch chemische Agentien hervorgerufener Zustand allgemeiner Verminderung des Reaktionsvermögens der lebendigen Substanz, dessen Intensität innerhalb gewisser Grenzen sich in gleichem Sinn ändert, wie die Konzentration der ihn bedingenden Agentien“. Verfasser behandelt zunächst die charakteristischen Merkmale des narkotischen Zustandes, wobei gegen mannigfache neuere Anzweiflungen das Vorhandensein eines echten Erregungsstadiums, wie es aus der menschlichen Inhalationsanästhesie bekannt ist, auch bei den narkotischen Lähmungen elementarer Lebensvorgänge verteidigt wird. Nach der Betrachtung spezieller Wirkungen bekannter Narkotika wie Chloroform, Äther,

Äthylalkohol wird die Beeinflussung einzelner Organsysteme, vor allem Nervensystem, Muskulatur, ferner pflanzliche Organe und Organismen analysiert. Naturgemäß gilt das Hauptinteresse dem Nervensystem. Hier ergibt die Untersuchung des Verhaltens streckenweise narkotisierter Nerven die prinzipielle Gleichartigkeit der „Erregbarkeit“ und der „Leitfähigkeit“ des Nerven. Die Fortleitung der Erregung vom Reizort kommt danach so zustande, daß das primär erregte Nervenelement das benachbarte in derselben Weise in den Zustand der Erregung versetzt, wie es selbst durch den äußeren Reiz darin versetzt wurde: Die Nervenleitung ist die sich längs der Faser fortpflanzende Welle differentieller Erregungszustände. Während im un-narkotisierten Nerven die Größe dieser Erregungswelle im ganzen Verlauf unverändert bleibt — die Nerven-faser kennt nur den Zustand der Ruhe oder des Erregt-seins ohne Übergang: sogenanntes „Alles-oder-Nichts-Gesetz“ —, fällt in der narkotisierten Strecke die Erregung allmählich ab: sogenannte Leitung mit Dekrement.

Winterstein bespricht dann die eigentümlichen Verhältnisse der Narkotikakombinationen, die von Bürgi studierten recht unklaren Potenzierungen der Wirkung mancher Substanzen (z. B. Morphinum und Äther), andererseits antagonistische Beeinflussungen, die zum Teil jedenfalls auf gegenseitiger Verdrängung vom Wirkungsort beruhen, so die Entgiftung von Blausäure durch Narkotika (nach Warburg).

Der zweite größere Teil des Buches, den Theorien über den Mechanismus der Narkose gewidmet, wird das besondere Interesse des physiologischen Fachmannes erregen; hat doch, wie schon erwähnt, die Lösung dieses Problems nach mancherlei Irrungen und Wirrungen gerade in letzter Zeit viel an Eindeutigkeit und Klarheit gewonnen. Die Theorie Verwoorns, die Narkose beruhe auf Erstickung der Zellen, die den Sauerstoff nicht mehr verwerten könnten, wird abgelehnt, wie es jetzt wohl ziemlich allgemein geschieht, da sie als experimentell widerlegt anzusehen ist. Insbesondere wurde von Warburg der blinde Beweis geliefert, daß die Narkotika zwar die Atmung der Zellen hemmen, aber erst in vielfach höheren Konzentrationen, als zur Narkose erforderlich ist, daß man an derselben Zelle z. B. narkotische Hemmung des Wachstums ohne Beeinflussung der Oxydationen erzielen kann, oder, wie Winterstein selbst nachwies, wird durch geringe Konzentrationen Alkohol die Reflexerregbarkeit des Frosrückenmarks aufgehoben, während der Sauerstoffverbrauch eher gesteigert ist u. a. m.

Auch die Lipoidtheorie der Narkose von H. H. Meyer und Overton, die auf Grund des weitgehenden Parallelismus des Teilungskoeffizienten einer Substanz zwischen Lipoidphase und Wasser einerseits und ihrer narkotischen Kraft andererseits, der Löslichkeit der Verbindung in den Zelllipoiden das entscheidende Gewicht beigemessen hat, wird nach gründlicher Diskussion verworfen, da diese Theorie zwar ungemein anregend auf die Forschung gewirkt hat, auch zahlreiche Tatsachen einheitlich zu erklären, andere plausibel zu machen geeignet ist (z. B. fiele ein ganz neues Licht auf den ungemeinen Lipoidreichtum des Gehirns, wenn der Erregungsvorgang sich in einer Lipoidphase abspielen würde), aber schließlich steht doch auch sie mit gewissen experimentellen Daten in unlöslichem Widerspruch. Vornehmlich macht diese Hypothese den Anspruch, die sogenannte Regel der homologen Reihe zu erklären, die Zunahme der narkoti-

schen Wirkungsstärke bei den höheren Gliedern einer homologen Substanzreihe, da nämlich die Lipoidlöslichkeit sich in gleichem Sinn verändert. Gegen sie spricht aber vor allem, daß, hauptsächlich nach den Feststellungen Warburgs, sowohl die Anreicherung der Narkotika, als ihre charakteristische Wirkung sich in sehr ähnlicher Weise an lipoidfreiem Material nachweisen läßt: z. B. Anreicherung an den Stromata der Blutzellen, deren Lipide durch Extraktion entfernt sind, Hemmung der Gärung und Sauerstoffatmung von Acetonhefe, die infolge ihrer Herstellung lipoidarm ist (Winterstein sagt sogar „lipoidfrei“, was nicht genau zutreffen dürfte), endlich narkotische Oxydationshemmung im Wasserextrakt von Leberzellen, ja Narkotisierbarkeit einfacher fermentativer Vorgänge und katalytischer Modelle, wie der Wasserstoffsuperoxydzersehung durch kolloidales Platin oder der Verbrennung von Oxalsäure an Tierkohle.

Alle diese Vorgänge werden durch eine andere Theorie völlig genügend erklärt, die sehr viel anschaulicher ist und obendrein der Regel der homologen Reihe in besserer quantitativer Übereinstimmung gerecht wird als die Lipoidhypothese. Diese zuerst von J. Traube aufgestellte Theorie sieht den entscheidenden Umstand für die narkotische Wirkung in der Oberflächenaktivität der Substanzen. Nach Traube ist die Oberflächenspannung einer Lösung eine Funktion des „Haftdrucks“ der gelösten Substanz im Lösungsmittel und ändert sich gleichsinnig mit ihm (Winterstein, Seite 230, sagt verkehrtlich: „ändert sich im entgegengesetzten Sinn“); je geringer der Haftdruck, um so größer die Kapillaraktivität, die sich in Anreicherung an der Oberfläche, Erniedrigung der Oberflächenspannung, Adsorbierbarkeit an festen Grenzflächen und dergleichen geltend macht.

Traube machte zuerst darauf aufmerksam, daß kapillaraktive Stoffe in homologen Reihen, in Wasser gelöst, dessen Oberflächenspannung im Verhältnis 1 : 3 : 3² : 3³ erniedrigen, und daß nach Führer dieselbe quantitative Beziehung für die Entwicklungshemmung von Seeigeln durch einwertige Alkohole gilt. Auch für andere Substanzreihen hat sich diese Gesetzmäßigkeit als zutreffend erwiesen, und es haben sich noch weitere interessante Zusammenhänge ergeben, wie nach Shryver und Traube der Parallelismus zwischen Oberflächenaktivität eines Stoffes und seiner Tendenz, Gele zu verflüssigen — was möglicherweise für die Eigenschaft der Narkotika, hervorragend schnell in Zellen einzudringen, von Bedeutung ist. Ein anschauliches Verständnis für den Zusammenhang von narkotischer Wirkung und Kapillaraktivität ergaben aber vor allem die Versuche Warburgs, der im Hefepresssaft einen genauen Parallelismus von Gärungshemmung und „Fällungskraft“ der Narkotika (d. h. der Fähigkeit, Eiweißniederschläge zu erzeugen) aufdeckte. Diese Fällung, durch die Adsorption der Narkotika an den gelösten Kolloiden verursacht, führt zu einer Verkleinerung der wirksamen Oberfläche der kolloidalen Fermente und damit zu einer zunehmenden Unwirksamkeit derselben. Ganz allgemein ist es die Adsorbierbarkeit der Narkotika, die ihre Wirkung hervorruft und, wie spätere Untersuchungen zeigten, stellt die Fällung einen übertriebenen (nicht mehr „reversibeln“) Ausdruck dieses Mechanismus dar, während die eigentliche narkotische Hemmung in der Umhüllung der kolloidalen Fermentteilchen, sowie der festen Zellstrukturen, damit auch in der Verdrängung des Ferments oder des Fermentsubstrats von den Strukturflächen gesucht werden muß. Im Modell konnte z. B. die Verdrängung

von Oxalsäure durch Narkotika von der Oberfläche von Tierkohle und damit eine Hemmung ihrer spontanen Oxydation an dieser nachgewiesen werden.

Während die narkotischen Hemmungen der *chemischen* Zellvorgänge am besten primär durch die Umhüllung kolloid gelöster oder adsorbierter Fermente erklärt werden, dürften für die Narkose der nervösen Funktionen die festen Zellstrukturen den Angriffspunkt vorstellen. Der „Erregungsprozeß“ beruht wahrscheinlich auf physikalischen Vorgängen: Änderung von Ionenkonzentrationen an Membranoberflächen, allgemein Phasengrenzflächen. Durch die Adsorption der Narkotika wird das Verhalten dieser Membranen verändert, ihr Quellungs Zustand, ihre Kolloidstruktur, ihre Salz- und Wasserdurchlässigkeit modifiziert und damit auch die Konzentration der Ionen in unmittelbarer Nähe der Membran. Was hiervon für die Aufhebung der Erregbarkeit entscheidend ist, steht nicht fest, aber soviel hat sich aus den Versuchen *Lillies*, *Höbers*, *Arrhenius* und des Verfassers ergeben, daß während einer reversiblen Narkose die Salz- und Wasserdurchlässigkeit der Gewebe vermindert ist, im Einklang mit der Annahme, daß jede Erregung mit einer Durchlässigkeitserhöhung verbunden ist. Summa summarum ergibt sich als Schlußresultat der Satz, mit dem Verfasser sein Buch beschließt: „Der Wirkungsmechanismus der Narkotika beruht vermutlich auf ihrer leichten Adsorbierbarkeit an die Strukturbestandteile der lebenden Systeme.“

Wenn hier aus zahlreichen Einzelheiten des Buches nur das Wesentlichste angedeutet werden konnte, so freut sich Referent festzustellen, daß er den Darlegungen des Verfassers fast völlig beipflichten kann, nicht allein in den allgemeinen Schlußfolgerungen, sondern auch in der Bewertung vieler in Fluß befindlicher Vorstellungen und zahlreicher Details. Nur hinsichtlich zweier Punkte seien einige kritische Einwendungen gestattet. So fruchtbar sich der Gesichtspunkt der Oberflächenaktivität erwiesen hat, darf doch nicht verkannt werden, daß den ursprünglichen Vorstellungen *Traubes* große theoretische und sachliche Mängel anhaften. In eine Diskussion dieser noch jetzt teilweise höchst unpräzisen Gedankengänge kann an dieser Stelle nicht eingetreten werden; erwähnt sei nur z. B., daß der Teilungskoeffizient einer oberflächenaktiven Substanz zwischen Wasser und Öl Folgeerscheinung ihres Haftdrucks im Wasser sein soll, ohne daß ihre Beziehung zum zweiten Lösungsmittel berücksichtigt wird, so daß danach das Verhältnis der Teilungskoeffizienten aller solcher Substanzen zwischen Wasser und jeder beliebigen zweiten Phase dasselbe wäre. Auch läßt Verfasser nicht klar erkennen, wie weit er sich diese Vorstellungen alle zu eigen macht. Vermissen muß man aber bei *Winterstein* jeden Hinweis darauf, daß den quantitativen Übereinstimmungen zwischen der Oberflächenspannung wäßriger Lösungen homologer Substanzreihen und ihrer narkotischen Wirkungsstärke die allergrößten Abweichungen gegenüberstehen. Daß die Erniedrigung der Oberflächenspannung unmöglich selbst, wie *Traube* annahm, Ursache und Maß der narkotischen Kraft sein kann, geht nicht allein daraus hervor, daß die Reihen untereinander nicht zusammenstimmen: die Urethane wirken z. B. viel stärker narkotisch als die entsprechenden Alkohole und erniedrigen die Oberflächenspannung des Wassers weit weniger —, sondern es gibt stark wirksame indifferente Substanzen, die überhaupt keinen merklichen Einfluß auf die Oberflächenspannung des Wassers haben, z. B. die substituierten Harnstoffe, wie Phenylharnstoff. Ge-

rade hieraus ergibt sich, daß eine andere kapillaraktive Eigenschaft, nämlich die Adsorbierbarkeit, für die narkotische Wirkung ausschlaggebend ist. In der Tat reichert sich Phenylharnstoff z. B. sehr stark an Tierkohle an. Die Erniedrigung der Oberflächenspannung ist zwar ein häufiges aber keineswegs durchgängiges Anzeichen für diese Eigenschaft.

Ein anderer Einwand ist mehr begrifflicher Natur. *Winterstein* bekennt sich als Anhänger *Machs* und erwartet von der Ausschaltung des Ursachbegriffs und seines Ersatzes durch die bloße Funktionsbeziehung gerade für die Biologie eine wertvolle Klärung ihrer vielfach verschwommenen Grundvorstellungen. Jedoch die besondere Anwendung, die der Verfasser von dieser denkökonomischen Lehre macht, wirft kein allzu günstiges Licht auf ihre Zweckdienlichkeit hierzu. Die Schwierigkeit des Begriffs der Erregbarkeit soll dadurch umgangen werden, daß man an Stelle der Erregbarkeit selbst ihr Maß einführt. Seite 7: „Unter Erregbarkeit der lebendigen Substanz verstehen wir mithin die relative Größe der Reaktionen auf bestimmte Reize.“ Da „Reaktion auf Reiz“ nichts anderes heißt als Erregung und Reiz nichts anderes als die äußere Ursache einer Erregung, so ist einerseits der Kausalbegriff nicht ausgeschaltet, andererseits aber die Erregbarkeit nur auf die Erregung zurückgeführt. Daß nun auf eine Analyse des Begriffs der Erregung verzichtet wird, ist für die Klärung des Narkosebegriffs von erheblichem Nachteil. Zunächst wird die Narkose als „reversible Verminderung des Reaktionsvermögens auf Reize“, also der Erregbarkeit, eingeführt, späterhin wird aber als Narkose auch die Lähmung solcher Funktionen bezeichnet, die selbst bei weitester Fassung des Begriffs der Erregbarkeit nicht mehr unter ihn fallen, z. B. Stoffwechselvorgänge, die als unabhängig von äußerer Reizung den erregbaren Funktionen geradezu entgegengesetzt sind (chemische „Reaktion“ hat natürlich nichts mit dem Reaktionsvermögen im obigen Sinne zu tun). Referent hat es stets vermieden, diese Lähmung als Narkose zu bezeichnen und dafür den weiteren Begriff der narkotischen Hemmung benutzt. Doch auch nach Ausschaltung der chemischen Vorgänge, die obendrein erst bei beträchtlich höheren Konzentrationen gehemmt werden, bleibt noch eine Reihe sichtbarer Zellprozesse übrig, für deren Unterdrückung auch quantitativ die gleichen Regeln gelten, wie für die Aufhebung der Erregbarkeit, etwa die Zellteilung, die aber auch nicht zu den erregbaren Funktionen gerechnet werden dürfen. Wir müssen danach auch hier noch neben dem engeren Begriff der Narkose der erregbaren Funktionen den der Narkose im weiteren Sinn einführen, ein Umstand, der durch die unzureichende Bestimmung des Begriffs der Erregbarkeit verschleiert wird.

Zum Schluß sei darauf hingewiesen, daß bei der schnellen Folge der Publikationen auf diesem Gebiet ohne Schuld des Verfassers diese oder jene Angabe verwandt ist, die sich mittlerweile als unrichtig herausgestellt hat; so sind z. B. die ausführlich besprochenen Versuche *Morals* (Seite 186, Fig. 4 und 5) über die Temperaturabhängigkeit der Narkose peripherer Nerven inzwischen von *Höber* als auf methodischen Fehlern beruhend erwiesen. Bei einer neuen Bearbeitung sollten auch die in den letzten Jahren veröffentlichten Versuche von *Gildemeister* und *Schwarz* erwähnt werden, die bei der Haut die Abnahme des Polarisationswiderstandes während einer Erregung nachwiesen, welche nur auf erhöhter Elektrolytdurchlässigkeit während derselben beruhen kann.

Dem Buch möge ein voller Erfolg bei der medizinisch und biologisch interessierten Leserwelt beschieden sein!

Otto Meyerhof, Kiel.

Höber, Rudolf, Lehrbuch der Physiologie des Menschen.

Berlin, Julius Springer, 1919. VIII, 550 S. und 244 Abbild. Preis geh. M. 22,—, geb. M. 26,60 + 10 %.

Jeder, der den Verfasser des vorliegenden Lehrbuches von seiner „Physikalischen Chemie der Zelle und Gewebe“ her als einen Meister klarer Darstellung kennen gelernt hat, mußte mit großen Erwartungen an sein neues Werk herantreten. Diese Erwartungen werden nun, um dies vorweg zu nehmen, voll befriedigt: Wir können das Höbersche Buch als eine sehr erfreuliche Bereicherung unserer physiologischen Lehrbuchliteratur begrüßen. Lehrbücher der Physiologie besitzen wir bereits eine ganze Anzahl, und darunter ganz vortreffliche, die ein reichhaltiges Tatsachenmaterial systematisch geordnet vermitteln. So sei z. B. an die von *Rosemann* besorgten Neuauflagen des Landoisschen Lehrbuches erinnert. — Schon der verhältnismäßig geringe Umfang des Höberschen Buches beweist, daß diesmal nicht bezweckt wurde, ein an Einzelheiten lückenloses Material zu liefern, sondern vielmehr in großen Linien ein möglichst vollständiges Bild von dem jetzigen Stand der Physiologie zu geben. Natürlich konnte auch dies nur an der Hand von Einzel-tatsachen geschehen, nur mußten diese mit Takt und Kritik ausgewählt und so geordnet werden, daß der Hauptzweck, eine lebendige Entwicklung der physiologischen Vorgänge in ihren wesentlichen Zügen, gewahrt bleibt. Bei dieser schwierigen Aufgabe bekundet nun der Verfasser eine glückliche Hand. Der Fluß der anregenden Darstellung erleidet durch bloße Anhäufung ermüdender Details nirgends eine Stockung, und nirgends lassen die mitgeteilten Einzeldaten den Zusammenhang mit dem Ganzen vermissen. Daß dabei mancher Ballast, der infolge der „Beharrungstendenz“ aus einem Lehrbuch ins andere übernommen, sein Dasein fristet, zum Opfer fiel, ist selbstverständlich, freilich auch, daß mancher wertvolle Befund nicht aufgenommen werden konnte, um die knappe Fassung nicht zu stören und um den Umfang des Buches nicht zu sehr anschwellen zu lassen. Wirklich Wichtiges wird man jedoch kaum vermissen. Die Einteilung des Werkes ist die übliche. Nach einem einleitenden Abschnitt über die Aufgaben und Grenzen der physiologischen Forschung wird die Physiologie der vegetativen Funktionen (Verdauung, Blutkreislauf, Atmung, Stoffwechsel, Hormone, Fortpflanzung) abgehandelt; in etwa demselben Umfange folgt dann die Physiologie der animalischen Funktionen (Muskeln, Nerven, Zentralnervensystem, Sinnesorgane). Trotz der relativen Kürze der Darstellung kann man das Buch nicht bloß eine „Einführung“ in die Physiologie nennen, die den Schwierigkeiten aus dem Wege geht und den Gegenstand abbricht, sobald er beginnt, komplizierter zu werden. Vielmehr vermag Verfasser durch klares Hervorheben des Wesentlichen auch die verwickelteren Prozesse dem Verständnis näher zu bringen. (So sei, um einige Beispiele herauszugreifen, auf die Abschnitte über Resorption und über die Zuckungsgesetze hingewiesen.) Nirgends wird ferner versucht, die Lücken unserer Kenntnisse zu verschleiern, mag auch damit manche Illusion verloren gehen. Die physiologischen Analysen von Vorgängen des alltäglichen Lebens, die überall eingestreut sind, beleben die Darstellung ungemein, und die steten Hinweise auf krankhafte Störungen geben dem Buch als Grundlage und Vorbereitung

für die klinischen Semester einen besonderen Wert. Nicht unerwähnt darf die schöne Ausstattung des Werkes bei verhältnismäßig mäßigem Preis bleiben, was in unserer Zeit doppelt wohlthuend empfunden wird.

P. Rona, Berlin.

Nocht, B., und M. Mayer, Die Malaria. Eine Einführung in ihre Bekämpfung. Berlin, Julius Springer, 1918. V, 128 S., 25 Textabb. und 3 Tafeln. Preis M. 11,—.

Das hier angezeigte Buch kommt den Ärzten hochwillkommen. War vor dem Kriege die Malaria in deutschen Landen eine recht seltene Krankheit, so wurde das Wechselfieber im späteren Verlaufe des Krieges mit der immer weiteren Ausdehnung unserer Bewegungen nach dem Osten sehr häufig. Viele, viele Tausende von Soldaten haben die Malaria zurück mit nach Deutschland gebracht. Ja von Leuten, die längere Zeit in Südrußland, in Serbien oder in Mazedonien oder gar in Kleinasien gewesen, ist die Mehrzahl wohl mit Malaria infiziert worden und bekommt nun in der Heimat Anfall über Anfall. Da müssen auch die inländischen Ärzte sich mit den Fortschritten beschäftigen, welche die letzten Jahre in der Erkennung und in der Behandlung der Malaria gebracht haben. Und gerade auf dem Gebiete der Protozoenerkrankungen sind die Forschungen über die Ätiologie und damit über das Wesen der Krankheit in den letzten Jahren von großem Erfolge begleitet gewesen.

Aber auch demjenigen, der sich durch Literaturstudien bemüht hat, auf dem Laufenden zu bleiben, ist das neue Malariabuch von *Nocht* und *Mayer* eine willkommene Gabe. Findet er doch dort eine kritische Sichtung all der unzähligen Arbeiten, welche die letzten Zeiten über die Malaria, über Chinintherapie und Chininprophylaxe hervorgebracht haben. Da ist es sehr dankenswert, daß *Nocht* und *Mayer* ihre langjährigen Erfahrungen in einem kleinen Büchlein zusammenfassen und daß sie alles Wesentliche, was die Wissenschaft bisher über die Entstehung und Behandlung dieser Krankheit gefördert hat, kurz und kritisch darlegen.

Auch für den Nichtmediziner bringt das Buch über die Malaria viel Anregung. Gibt es doch kaum eine Krankheit, die vom allgemeinen naturwissenschaftlichen Standpunkte so viel Interessantes bietet: Die ungeschlechtliche und die geschlechtliche Fortpflanzung der Plasmodien, der Wirtswechsel, die verschiedenen Arten der Malariaerreger, all das ist jetzt in einer so gründlichen Weise erforscht, daß das Studium der Malaria für jedermann, der sich für Naturwissenschaften interessiert, eine Freude bedeutet. Durch gute Bilder im Text, vor allem aber durch treffliche farbige Tafeln wird das Verständnis erleichtert.

L. R. Müller, Würzburg.

Zuschriften an die Herausgeber.

Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie.

Nach einem von Prof. *Lorentz* an den Unterzeichneten gerichteten Telegramm hat die zur Beobachtung der Sonnenfinsternis am 29. Mai ausgesandte englische Expedition unter *Eddington* die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte Ablenkung des Lichtes am Rande der Sonnenscheibe beobachtet. Der bisher provisorisch ermittelte Wert liegt zwischen 0,9 und 1,8 Bogensekunden. Die Theorie fordert 1,7.

Berlin, den 9. Oktober 1919.

A. Einstein.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Walliser Anthrazit. Die Schweiz besitzt zwar eine ganze Reihe von Kohlenvorkommen, die aber alle infolge zu geringer Mächtigkeit nicht abbauwürdig sind. Lediglich im Kanton Wallis streichen vom Montblancmassiv her zwei Karbonzonen zur Rhone hin und setzen sich am andern Ufer fort. In dieser Karbonformation finden sich, wie *E. Höhn* berichtet, stellenweise Anthrazite, jedoch nirgends als regelmäßige Flöze, sondern in verwickelten Faltungen auseinandergerissen oder ineinandergequetscht, bald in dünnen Schichten, bald in linsenförmigen Anhäufungen. Die Gruben liegen zerstreut von der Talsohle hinauf bis zu Höhen von über 2000 m, wodurch sich der rationelle Abbau sehr schwierig gestaltet. Am bekanntesten sind die Gruben von Dorénaz, Collonges und Plan de la Méronaz. Der Walliser Anthrazit hat ein hohes geologisches Alter und ein graues graphitartiges Aussehen; seine Menge wird auf 30 Mill. Tonnen geschätzt, die den Bedarf der Schweiz für fünf Jahre decken könnten, vorausgesetzt, daß es sich um normalen Brennstoff handelte. Der Walliser Anthrazit besteht jedoch, wie die folgenden Zahlen zeigen, zu etwa einem Drittel aus Asche.

Jahr	Grube	Heizwert WE	Flücht. Bestand- teile %	Wasser %	Asche %
1915	Dorénaz	4821	7,8	5,2	32,4
1916	"	4708	7,3	6,8	32,5
1917	Chandoline	4957	6,1	8,4	27,1

Die mittelmäßige Beschaffenheit des Brennstoffs sowie die Ungunst der Lage der Fundstellen (vielfach wird die Kohle auf dem Rücken von Maultieren zu Tal gebracht) haben seine Ausbeutung früher nicht recht in Fluß kommen lassen, doch wurden im Kriege vom Schweizer Verein von Dampfkesselbesitzern ausgedehnte Versuche damit angestellt. Dabei zeigte sich, daß sich der Anthrazit alsbald nach seiner Entzündung mit einer leichtschmelzenden Schlackenschicht überzieht, die stark backt und daher das Abschlacken des Rostes unmöglich macht. Auch ein Zusatz von guter Kohle bis zu 50 % ändert hieran nichts, dagegen war die Verfeuerung des Anthrazits in gemahlener Form in einem Zementofen mit Kohlenstaubfeuerung ohne Schwierigkeit möglich. Versuche mit einem Gasgenerator hatten dagegen wiederum ein negatives Ergebnis. Es wurde zwar ein Wassergas von 1200—1300 WE erhalten, doch bildete sich nach einiger Zeit über der Glühzone ein Schlackengewölbe von solcher Stärke, daß es weder durch den Drehrost noch durch Stochern zerteilt werden konnte. Schließlich wurde versucht, den gemahlenden Anthrazit mit langfaserigem, nassem Torf zusammen zu Briketts zu pressen. Bei der Verfeuerung dieser Briketts unter einem Zweiflammrohrkessel mit 96 qm Heizfläche wurde aber nur die geringe Verdampfungsziffer von 3,1 erzielt, obschon die Herdrückstände viel weniger backten als bei früheren Versuchen. Der Nutzeffekt des Kessels betrug nur 38 %, die Verluste waren also außerordentlich groß. Wenn auch bei weiteren Versuchen bessere Ergebnisse wohl möglich sind, so warnt Verfasser doch eindringlich davor, auf den Walliser Anthrazit große Hoffnungen zu setzen. Das Problem der Verfeuerung des Anthrazits steht und fällt mit der Möglichkeit, die Schlacken wegzubringen; diese Frage harret aber noch der Aufklärung. (Schweiz. Bauztg. Bd. 70, S. 71—73.) S.

Die Ausnutzung der Wasserkräfte in Norwegen. Die „Chemische Industrie“ 1919, S. 94, veröffentlicht eine Zahlentafel, aus der das Überwiegen der Wasserkraftwerke gegenüber den Dampfkraftanlagen in Norwegen deutlich hervorgeht.

Jahr	Wasserkraft	Dampfkraft	Zunahme der Wasserkraft	
	PS	PS	PS	—
1905	201 591	70 778		
1906	216 480	70 379	etwa	15 000
1907	300 193	73 201	„	84 000
1908	343 845	77 051	„	44 000
1909	369 647	72 932	„	26 000
1910	435 047	98 330	„	65 000
1911	465 087	102 784	„	30 000
1912	662 905	106 738	„	198 000
1913	763 060	117 793	„	100 000
1914	807 559	131 117	„	44 000
1915	1 064 581	138 549	„	257 000

Diese Zunahme der Ausnutzung der Wasserkräfte, die in erster Linie auf die erfolgreiche Entwicklung der *Luftstickstoffindustrie* zurückzuführen ist, war seit dem Jahre 1912 besonders groß. Durch den Ausbruch des Krieges trat im Jahre 1914 offenbar eine Verlangsamung im Ausbau der Wasserkräfte ein, dafür war jedoch im Jahre darauf die Zunahme um so stärker. Auch im Jahre 1917 wurden neue Anlagen für ungefähr 250 000 PS erbaut, die indessen nur zum Teil in Betrieb gesetzt werden konnten, da die Beschaffung der dazu notwendigen Materialien große Schwierigkeiten bereitete. S.

Lichtelektrische Untersuchungen an Salzlösungen. In einer sehr eingehenden Arbeit (*Lichtelektrische Untersuchungen an Salzlösungen*. Inauguraldissertation von *Torsten Swensson* [1919]. Ausgeführt unter der Leitung von Prof. *H. v. Euler* im Allgem. Chem. Laborat. der Stockholmer Hochschule) untersucht *Swensson* den sogenannten *Bequereleffekt* (1839), der in der Änderung der elektromotorischen Kraft einer Elektrode in einer Flüssigkeit besteht, die eintritt, sobald die Lösung oder die Elektrode belichtet wird. Die Erscheinung ist seit ihrer Entdeckung oft untersucht worden (*Grove*, *Dewar*, *Scholl*, *Wildermann*, *Baur*, *Goldmann* und viele andere) und erfuhr Deutungen in zweierlei Richtungen. Die mehr chemische Theorie nimmt die Entstehung neuer potentialbestimmender chemischer Individuen (Metallionen anderer Wertigkeitsstufen) unter der Einwirkung des Lichtes an (*Becquerel*). Dieser in den meisten Fällen unhaltbaren photochemischen Theorie stehen eine Reihe von ziemlich verwickelten lichtelektrischen (physikalischen) Erklärungen (*Wildermann*, *Goldmann*) gegenüber, die auf dem Boden der Elektronentheorie stehen. *Swensson* hält sich mit seiner, wie es scheint, sehr erfolgreichen Deutung des Tatsachenmaterials auf der Mitte und hat folgende Vorstellung:

Im wesentlichen zeigen sich als das wirksame Moment bei der Belichtung die *Lösungen*, also weder die Elektroden noch irgendwelche Sekundärfaktoren, wie etwa im Licht gebildetes Ozon oder Wasserstoffsuperoxyd. Die belichteten gelösten Stoffe nehmen in dem Lichtfeld der Quecksilberlampe ständig Lichtquanten auf und geben sie einerseits als Wärme oder aber als elektrische Energie an die Elektrode wieder ab. Bei der Belichtung bilden sich Atomgruppen von höherem Energiegehalt als die unbelichteten; ihre Konzentration ist abhängig von:

1. der Lichtmenge *L*,
2. der Konzentration des gelösten Stoffes *B*,

3. der Stromstärke i des Elementes,
4. der Geschwindigkeit der Lichtaufnahme (Geschwindigkeitskonstante dieser Reaktion ist K),
5. der Geschwindigkeit der Rückbildung normaler, unbelichteter Substanz (Konstante dieser Dunkelreaktion ist K_1).

Die Atomgruppen mit der höheren Energie, deren Bildung eine Zeitreaktion ist (vergl. 4), sind Ursache des veränderten Potentials und sein Wert ist dementsprechend natürlich auch eine Zeitfunktion.

Aus verhältnismäßig einfachen Überlegungen stellt *Svensson* für die lichtelektromotorische Kraft E in Abhängigkeit von der Zeit t die Formel:

$$E = \frac{q \cdot K \cdot L \cdot B}{K \cdot L + K_1} (1 - e^{-K \cdot (L + K_1) t})$$

auf, die außer den schon genannten Größen den Faktor

$q = \frac{K}{K_1}$ enthält. Wie man sieht, ist das Ganze ein Exponentialgesetz, nach dem sich schließlich (für $t = \infty$) der Maximaleffekt:

$$E_{\max} = \frac{q \cdot K \cdot L \cdot B}{K \cdot L + K_1}$$

einstellt.

Svensson hat seine Theorie an zahlreichen Beispielen geprüft und gut bestätigt gefunden. Seine Versuchsanordnung war folgende: Ein Quarzreagenzglas enthält Thermometer, Platinelektrode, ein Einleitungsrohr für Stickstoff, mit dem das Ganze geführt wird, sowie ein Heberrohr, das zu der Gegenelektrode hinführt. Diese steckt in einem lackierten Glasgefäß, bleibt also unbelichtet und kann dauernd mit einer Normalelektrode verglichen werden. Die Quarzglasseite der Kette wird dem Quecksilberlicht ausgesetzt und das gegen die Dunkelelektrode allmählich wachsende Potential zeitlich beobachtet.

Mit dieser Apparatur bestätigt *Svensson* an einer Nickelsulfatlösung die zeitliche Änderung der E. K. nach dem Exponentialgesetz sowie die Abhängigkeit des Effekts von der Lichtstärke und von der Gesamtkonzentration des Elektrolyten. Ferner nimmt er die Potentialkurven von zahlreichen Salzlösungen bei Belichtung auf (Kobalt-, Nickel-, Mangan-, Chrom-, Zink-, Kupfer- usw. Salze, Schwefelsäure, Salzsäure), stellt Versuche über die Potentialänderung bei Abstellung der Belichtung an, die seine Theorie ebenfalls verifizieren, und untersucht schließlich das System Kalumbichromat-Schwefelsäure bei verschiedenen Konzentrationen und prozentischen Zusammensetzungen. Hier ist die Sachlage besonders verwickelt. Beide Stoffe allein zeigen bei Belichtung nämlich einen Potentialrückgang, während ihre Mischung eine Zunahme der E. K. ergibt. Allein auch hier sind Theorie und Experiment in allen Fällen in Einklang zu bringen.

J. E.

Ein neuer Schlagwetteranzeiger. Trotz zahlreicher sinnreicher Vorschläge, die in neuerer Zeit für die Konstruktion von Schlagwetteranzeigern gemacht wurden, ist die Sicherheitslampe von *Davy* auch heute noch das sicherste Mittel zur Erkennung von Schlagwettern. Durch die Sicherheitslampe wird bekanntlich ein die untere Explosionsgrenze übersteigender Methangehalt der Luft durch die die Flamme umgebende Aureole sichtbar gemacht. Auf einem neuen Prinzip beruht ein von Prof. *Fleißner* konstruierter Schlagwetteranzeiger (D. R. P. 292 420), bei dem das Vorhandensein explosiver Gase nicht nur durch die Aureolenbildung sichtbar, sondern auch hörbar gemacht wird. Über die Grundlagen dieses Verfahrens hat der Erfinder bereits vor einiger Zeit in der Zeitschrift „Bergbau und

Hütte“, 2. Jahrgang, S. 275, nähere Angaben gemacht. Das neue Verfahren beruht auf der Erscheinung der „chemischen Harmonika“ oder der „singenden Flammen“. Die ersten Versuche wurden mit verschiedenen Gasflammen (Wasserstoff, Luftgas, Acetylen und Leuchtgas) angestellt, die in einem langen, engen Rohr brannten. Dabei entstanden je nach der Gasart und den Abmessungen des Rohres Töne von verschiedener Stärke und Höhe. Besonders kräftige Töne wurden mit einer Acetylenflamme erhalten und dabei konnte ein heftiges Zucken der Flamme wahrgenommen werden, während eine tönende Leuchtgasflamme scheinbar ganz ruhig brennt; bei genauerem Betrachten der Flamme mit Hilfe eines rotierenden Spiegels kann man aber auch hier Zuckungen und Einschnürungen bemerken. Durch Vergrößern oder Verkleinern der Flamme läßt sich der Ton verstärken bzw. abschwächen und bei einer bestimmten Größe der Flamme hört das Tönen ganz auf. Wenn man aber einer solchen nichttönenden Flamme am unteren Ende des Rohres ein beliebiges brennbares Gas zuführt, so verbrennt dieses Zusatzgas in nächster Nähe der Flamme, wodurch diese größer wird und wieder zu tönen anfängt. Sobald von außen kein Gas mehr zugeführt wird, hört das Tönen wieder auf.

Auf dieser Erscheinung beruht der neue Schlagwetteranzeiger, der natürlich auch zum Anzeigen anderer explosiver Gasgemische dienen kann. Man braucht also nur in einer geeigneten Vorrichtung eine Flamme so einzustellen, daß sie in gewöhnlicher Luft nicht mehr oder nur schwach singt. Sobald man mit dieser Vorrichtung einen Raum betritt, in dem sich explosive Gase befinden, so wird die Flamme vergrößert und es tritt ein neuerliches Tönen bzw. Stärkerwerden des Tones ein. Die Vorrichtung besitzt eine sehr große Empfindlichkeit; bei einer genau eingestellten Flamme genügt es schon, den mit einigen Tropfen Äther benetzten Finger in die Nähe des unteren Rohrendes zu bringen, um ein neuerliches Tönen der Röhre oder ein Stärkerwerden des Tones zu erzielen.

Um eine für praktische Zwecke verwendbare Vorrichtung zu schaffen, wurde an Stelle der ursprünglich benutzten Glasröhre eine Hohlkugel aus Metall mit zwei Ansätzen verwendet, die sich gut bewährt hat. Hierdurch war es möglich, eine Vorrichtung in Form einer Grubenlampe zu konstruieren. Sie besteht aus einer regulierbaren, auf- und abwärts verschiebbaren Flamme, die von einem Glaszylinder umgeben ist. Dieser sitzt in dem unteren Ansatz einer Hohlkugel, die am anderen Ende einen zweiten als Schornstein wirkenden Ansatz besitzt. Dieser sowie der Glaszylinder ist von einem Drahtkorb umgeben. Das Ganze ist in ein Gestänge mit Handhabe eingebaut. Zum Gebrauche wird die Flamme zunächst so eingestellt, daß ein Ton erzeugt wird. Dann wird der Brenner so weit verschoben, daß das Tönen gerade aufhört. Sobald nun explosive Gase in das Innere der Flamme gelangen, beginnt das Tönen von neuem. Das Tönen der Flamme kann nun dadurch unterbrochen werden, daß man die Lampe von dem Punkt, an dem sie singt, wegrückt. Da diese Verschiebung der Lampe bis zum Aufhören des Tönens von der Menge der explosiven Gase abhängig ist, so lassen sich auf diese Weise auch quantitative Messungen vornehmen, wenn man eine empirisch ausgeprobte Skala anbringt. Derartige Anzeiger für explosive Gase können mit Vorteil in allen Betrieben, die mit brennbaren Gasen zu tun haben, so in Gaswerken und Petroleumraffinerien, Verwendung finden. Es dürfte wohl auch möglich sein, nach diesem

Prinzip Warnungsapparate zu bauen, die bei einem bestimmten Gehalt der Luft an brennbaren Gasen von selbst zu tönen anfangen.

Sichtbare Schallwellen. Professor A. Schmauß (München) macht darauf aufmerksam, daß man die von einer punktförmigen Schallquelle ausgehenden Schallwellen unter günstigen Umständen sehen kann. Die Abschußwelle eines schweren Geschützes z. B. kann bei Vorhandensein einer geeigneten Bewölkung als eine über die Wolke hinbuschende Kugelfelle gesehen werden. S. Finsterwalder (München) gibt dafür die folgende, offenbar zutreffende Erklärung: Die von der Abschußstelle ausgehende Verdichtungswelle bringt eine feine, nur wenig über den Kondensationspunkt hinausgeschrittene Nebelmasse durch die eben noch ausreichende Kompressionswärme zur Auflösung; man sieht daher einen dunklen Ring in der Bewölkung sich ausbreiten¹⁾.

O. B.

Kulturversuche mit weißen Blutzellen des Frosches. Nachdem es gelungen ist, Gewebszellen verschiedener Tiere wochen-, ja monatelang außerhalb des Körpers am Leben zu erhalten, zum Teil sogar zur Vermehrung zu bringen, sollte man meinen, daß dies für die farblosen Blutzellen besonders leicht gelingen müßte, da sie schon im lebenden Körper isoliert leben, nicht zu einem Zellverbände vereinigt sind und in keiner nervösen Verbindung mit den übrigen Körperzellen stehen. Entgegen dieser Vermutung bietet die Kultur der farblosen Blutzellen unerwartete Schwierigkeiten, wie aus zwei Mitteilungen von *Haberlandt* (Zeitschrift f. Biol. Bd. 69, 1918, S. 275—292 und S. 331—348) zu ersehen ist. Zwar gelingt es leicht, die Leukocyten aus dem Rückenlymphsack des Frosches 2 bis 6 Tage lang außerhalb des Körpers am Leben zu erhalten, wobei sie deutliche amöboide Bewegungen zeigen, ja bei niedriger Temperatur konnten einmal ausnahmsweise noch nach 14 Tagen in einem Präparat Blutzellen in Bewegung festgestellt werden; aber weder bei den aus dem Blut entnommenen Leukocyten noch bei denen, die aus Milz und Knochenmark stammten, gelang es, zu langdauernden Kulturen zu gelangen, in denen Zellvermehrung eingetreten wäre. Amitotische²⁾ Kernteilungen konnten in Versuchen, die besonders der Frage der Teilungsfähigkeit dienten, zwei bis sieben Tage nach der Entnahme aus dem Körper festgestellt werden, während sie unmittelbar nach der Entnahme aus dem Körper fehlten. Auch diese Teilungen bedeuten nur eine geringe Betätigung im Vergleich mit der Vermehrung, deren Bindegewebszellen außerhalb des Körpers fähig sind.

Wird als Zeichen des Überlebens anstatt der Bewegung oder der Fähigkeit zur Teilung die Färbbarkeit mit Neutralrot benutzt, so erscheinen die Blutzellen noch 3 bis 5 Wochen lang als „lebend“. In lebenden Zellen färben sich mit diesem Farbstoff nur die feinen, als Granula bezeichneten Körnchen, während die Grundsubstanz ungefärbt bleibt. Sterben die Zellen ab, so tritt eine Entfärbung der Granula und zuweilen eine diffuse Färbung der Grundsubstanz ein. Die geringen Erfolge der Kultur von weißen Blutzellen außerhalb des Körpers scheinen wesentlich dadurch bedingt, daß es nicht gelang, die Entwicklung von Bakterien ganz zu verhindern.

P.

¹⁾ Meteorologische Zeitschrift, Braunschweig 1918, Bd. 35, S. 184.

²⁾ „Direkte“ Kernteilung durch einfache Zerschnürung, im Gegensatz zu der mitotischen (indirekten), in der das Chromatin des Kerns in Fäden zerlegt und gleichmäßig auf beide Tochterkerne verteilt wird.

Astronomische Mitteilungen.

Auf ein zurzeit unerklärliches Paradoxon, das der Begleiter des Sirius und der Begleiter von α (40) Eridani darbieten, macht *Hepburn* in der Aprilnummer des Journ. of the Brit. Astron. Association aufmerksam. Die Sachlage ist folgende: Da die Parallaxen von Sirius ($0,38''$) und von α Eridani ($0,20''$) bekannt sind, so ist die absolute Helligkeit der Komponenten dieser Doppelsternsysteme gegeben. Man erhält in Einheiten der Sonnenhelligkeit für den Hauptstern des Siriußsystems die Helligkeit 30, für den Hauptstern von α Eridani 0,4. Für den schwachen Begleiter des Sirius ergibt sich nur 0,003. Der in bezug auf den Hauptstern fast unbewegte Begleiter von α Eridani ist selbst wieder ein Doppelstern mit bekannter schneller Umlaufzeit, bestehend aus zwei Komponenten mit den scheinbaren Helligkeiten $9,1^m$ und $10,8^m$. Ihre absoluten Helligkeiten in Einheiten der Sonnenhelligkeit sind rund 0,006 und 0,001. Die schwächere Komponente des Begleiters von α Eridani z. B. würde uns also, an die Stelle der Sonne gesetzt, 1000-mal schwächer leuchten als diese, oder ungefähr ebenso hell als 1000 Vollmonde. Diese drei Sterne sind demnach absolut sehr lichtschwach. Unter den Sternen mit gut bekannter Parallaxe ist die Mehrzahl absolut lichtschwach. Aber dies hat nichts Befremdendes, da diese, soweit bekannt, ohne Ausnahme ein fortgeschrittenes Spektrum, d. h. geringe Oberflächentemperatur, also geringe Flächenhelligkeit, besitzen. Um so überraschender ist die am 60-zölligen Reflektor der Mount Wilson-Sternwarte durch *Adams* erfolgte Feststellung, daß die Spektren der Begleiter von Sirius und α Eridani dem ersten Spektraltypus (A, wie Sirius) angehören, daß also diese absolut so schwachen Sterne nach unserer bisherigen Vorstellung eine hohe Oberflächentemperatur und demgemäß eine große Flächenhelligkeit haben müssen. Da aus Parallaxe und Systembewegung gemäß dem dritten Keplerschen Gesetz die Massen bekannt sind, andererseits das Spektrum die Temperatur und damit mittels des Strahlungsgesetzes die Flächenhelligkeit liefert, so kann man den Radius und die Dichte dieser Sterne berechnen. Während nun diese elementare Rechnung für den Hauptstern des Sirius, dessen Masse hinreichend genau bekannt ist, und für den Hauptstern von α Eridani, für dessen Masse man eine plausible Annahme machen kann, durchaus wahrscheinliche Werte für die Dichten liefert — Radius des Sirius (Masse $2\frac{1}{2}$ Sonnenmassen) 1,9 Sonnenradien, Dichte 0,37 der Sonnendichte; Dichte von α Eridani (Masse 0,5), dessen Spektrum ein späteres als das der Sonne ist, 1,3 der Sonnendichte —, ergeben sich für die Begleiter, deren Massen sämtlich hinreichend genau bekannt und von der Größenordnung der Sonnenmasse sind, ganz unwahrscheinliche Werte. Für den Siriusbegleiter findet man einen Radius von nur 13 000 km und dementsprechend eine Dichte von über 100 000 Sonnendichten; für die beiden Komponenten des Begleiters von α Eridani findet man Radien von rund 18 000 und 8000 km und Dichten von 24 000 und 280 000 Sonnendichten! Also uns ganz unmöglich scheinende Werte. Um z. B. für den Siriusbegleiter eine Dichte gleich der dreifachen Sonnendichte, das ist $\frac{1}{3}$ der Erddichte, zu erhalten, ein Wert, den man für eine Gaskugel wohl als obere Grenze bezeichnen kann, müßte man das Spektrum nicht gleich A, sondern gleich Mb (fortgeschrittener III. Typus, wie α Herculis) annehmen. Nun ist bei dem Siriusbegleiter, für den dasselbe Spektrum wie für den

Hauptstern gefunden wurde, die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß nicht das Spektrum des Begleiters, sondern infolge der großen Nähe und Helligkeit des Hauptsternes das Spektrum des erleuchteten Himmelsgrundes um diesen erhalten worden ist. Diese Erklärung ist aber für den Begleiter von α Eridani ausgeschlossen, denn die scheinbare Distanz vom Hauptstern ist hier 8-mal größer, der Hauptstern 250-mal schwächer, und vor allem sein Spektrum ein von dem gefundenen Spektrum seines Begleiters ganz verschiedenes, nämlich *K* (II.—III. Typus, wie Arktur). Auch kann nach anderweitigen Beobachtungen kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß der Begleiter von α Eridani im Gegensatz zu dem gelben Hauptstern weiß ist. Bezüglich des Siriusbegleiters zeigt noch ein roher Überschlag, daß das vom Hauptstern empfangene und nach der Erde reflektierte Licht unmerklich ist.

Man steht hier also vorläufig vor einem unlösbaren Rätsel. Entweder ist das Spektrum des Begleiters von α Eridani trotz aller Evidenz doch kein frühes, d. h. hoher Temperatur entsprechendes, oder aber der Spektraltypus ist kein eindeutiges Kriterium für die Oberflächenhelligkeit, wie man bisher angenommen hat. Die Frage ist von außerordentlich weittragender Bedeutung für die Stellarstatistik.

Man kann noch folgendes bemerken: Neuerdings hat Voûte (Astrophys. Journ. Bd. 48, S. 144) für den Heliumstern Boss 1517, also einen Stern höchster Temperatur, die für einen Heliumstern ungewöhnlich große Parallaxe $0,07''$ gefunden, während sonst alle Heliumsterne, soweit bekannt, äußerst weit von uns entfernt sind. Damit ergibt sich die absolute Helligkeit des Sternes sehr nahe gleich der Sonnenhelligkeit, für einen Heliumstern unerwartet gering. Der Stern muß also eine kleine Oberfläche (kleine Masse, große Dichte) oder trotz seines Spektrums eine nicht wesentlich höhere Flächenhelligkeit als die Sonne besitzen. Bemerkenswert ist, daß auch die Eigenbewegung dieses Sternes in starkem Gegensatz zu den übrigen Heliumsternen steht und eine sehr große ist, im Visionsradius nämlich $+102$ km/sec.

Die Oriongruppe der Heliumsterne. Die Sterne vom ersten Spektraltypus mit Heliumlinien (O_{e} , B_0 — B_9) zeigen neben einer starken Konzentration gegen die Milchstraße hin die Eigentümlichkeit, daß sie im Sternbild des Orion zu einem förmlichen Haufen sich zusammenballen. Die auffallende Häufigkeit der Heliumsterne in diesem Sternbild hat die Veranlassung zu der älteren Bezeichnung Oriontypus für den Heliumtypus gegeben. Mit dem großen Nebel im Orion, der sich in seinen weitesten Ausläufern über einen großen Teil des Sternbildes erstreckt, sind die Heliumsterne dieser Gegend physisch verknüpft. Dies ergibt sich nicht nur aus dem Anblick photographischer Aufnahmen des Nebels und der Anhäufung der Heliumsterne gerade im Nebel, sondern auch aus der Übereinstimmung der Radialgeschwindigkeiten der Sterne und des Nebels. Die Bewegung der ganzen Gruppe innerhalb des Sternsystems ist nur gering: die scheinbaren Eigenbewegungen der Sterne senkrecht zur Gesichtslinie sind äußerst klein, die Radialgeschwindigkeiten rühren zum größten Teil von der Bewegung der Sonne durch den Raum her, die von der Gruppe weg gerichtet ist.

Die Bewegungen der Sterne der Nebelgruppe werden von Bergstrand in einer Arbeit mit dem Titel:

Sur le groupe des étoiles à hélium dans la constellation d'Orion, Nova acta regiae societatis scientiarum upsaliensis, Ser. IV, Vol. 5, No. 2, 1919, zu dem Versuch einer Bestimmung der mittleren Parallaxe der Heliumsterne und des Nebels im Orion benutzt. Er geht zunächst von folgender Überlegung aus. Sind die den Sternen selbst eigentümlichen Bewegungen, die motus peculiare, klein im Vergleich mit den von der Bewegung der Sonne herrührenden scheinbaren Verschiebungen, den motus parallactici, oder sind sie wenigstens gleichmäßig nach Richtung und Größe verteilt, so daß sie als zufällige Fehler der motus parallactici betrachtet werden können und sich im Mittel aus einer genügenden Zahl von Fällen gegenseitig aufheben, so wird das scheinbare Zusammenschrumpfen der Gruppe, d. h. die allmähliche Verkleinerung der scheinbaren gegenseitigen Abstände der Sterne der Gruppe als Folge der wachsenden Entfernung von der Sonne nach einem hinreichend langen Zeitraum deutlich in Erscheinung treten und zusammen mit der bekannten Radialgeschwindigkeit der Gruppe ein Maß für die Parallaxe liefern. Die relativen Bewegungen der Glieder der Gruppe gegeneinander werden aus beobachtungstechnischen Gründen genauer bekannt sein als die absoluten, demnach voraussichtlich einen sichereren Parallaxenwert liefern als letztere. Bei der Oriongruppe liegen nun die Verhältnisse so, daß infolge der ungeheuren Entfernung des Systems auch die scheinbare Kontraktion desselben in außerordentlich langsamem Maße vor sich geht, so daß die relativen parallaktischen Bewegungen der Systemglieder ebenfalls vorläufig an der Grenze des Nachweisbaren sich befinden, trotzdem für fast alle der 15 zu der Untersuchung benutzten hellen Sterne genaue Ortsbestimmungen seit Bradley, 1755, vorliegen. Die von Bergstrand ausgewählten Sterne gehören den Spektraltypen B_0 bis B_9 an. Unter denselben wurde δ Orionis nahe der Mitte der Gruppe ausgewählt und auf ihn die Eigenbewegungen der übrigen Sterne bezogen. Die mittlere Radialgeschwindigkeit der Sterne beträgt $+16,7$ km/sec, während für den Nebel die besseren Bestimmungen im Mittel $+17,4$ km ergeben haben. Der Unterschied liegt innerhalb der Unsicherheitsgrenzen der beiden Werte.

Aus der Kontraktion des Systems ergab sich eine Parallaxe von nur $0,0044''$, d. h. die Kontraktion des Systems ist noch bedeutend geringer als die motus peculiare der einzelnen Sterne. Werden die motus peculiare ebenso behandelt, so ergibt sich eine zweite sicherere Bestimmung der Parallaxe der Nebelgruppe zu rund $0,008''$, deren Unsicherheit Bergstrand auf weniger als 25 % schätzt. Die entsprechende Entfernung ist rund 400 Lichtjahre, und dem scheinbaren Durchmesser der Gruppe von rund 20° entspricht eine wirkliche Ausdehnung von 130 Lichtjahren. Die ganze Gruppe bewegt sich jährlich um $0,013''$ in der Richtung 213° .

Unter den älteren, nach verschiedenen Methoden ausgeführten Versuchen der Parallaxenbestimmung für die Heliumsterne jener Himmelsgegend hat diejenige von Kapteyn den mittleren Wert $0,0054''$ ergeben. Für drei Doppelsterne der Gruppe findet Hertzsprung die mittlere Parallaxe $0,0093''$, für den Algolveränderlichen δ Orionis Stebbins die hypothetische Parallaxe $0,0032''$. Die Größenordnung ist also die gleiche.

Guthnick.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 43. (Seite 781—800)

24. Oktober 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die Abstammung der Hausrinder. Von *Dr. Otto Antonius, Wien.* S. 781.

Die heterochrome Photometrie in Theorie und Praxis. Von *Dipl.-Ing. R. von Voß, Berlin.* S. 789.

Zur Beteiligung deutscher Gelehrter an der Ausbildung von Kampfmitteln. S. 793.

Besprechungen:

Uebe, Martin, Über die Helligkeitsverteilung des diffusen Sonnenlichts am klaren Himmel. Von *P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.* S. 795.

Stettbacher, A., Die Schieß- und Sprengstoffe. Von *O. Poppenberg, Berlin-Charlottenburg.* S. 796.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Entstehung von Gewebsschäden nach Nervenverletzung. Die operative Behandlung der Gelenkversteifungen. Helgolands Hafen im Dienste der Fischereibiologie. Wetterfilme. Zur Erklärung der Bewegung der Rotationspole der Erde. S. 797—799.

Astronomische Mitteilungen:

Die magnetische Polarität der Sonnenflecken. Spektroskopische Bahnen von Bedeckungsveränderlichen. Liste von 37 Sternen mit großer Radialgeschwindigkeit. S. 799—800.



Elektrische Heizkissen

gegen

Ernste Krankheit

und

Leichtes Missbehagen

**Fabrik Dr. Heilbrun
Berlin-Nowawes**

Zu kaufen in guten elektr. und ärztl. Handlungen.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 12 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 8050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
chem. Fabrik Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Gelegenheitskäufe
Gg. Leifegang } Potsdamerstr. 138
Berlin } Tauentzienstr. 12
Schloß-Platz 4

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter NW. 167 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(167)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Der Gang der qualitativen Analyse

Für Chemiker und Pharmazeuten

bearbeitet von

Dr. **Ferdinand Henrich**

Professor an der Universität Erlangen

Mit 4 Textfiguren

Preis M. 2.80

Vor kurzem erschien:

Anleitung zur qualitativen Analyse

Von

Geh. Regierungsrat Dr. **Ernst Schmidt**

Professor an der Universität Marburg

Achte Auflage

Preis M. 5.—

(Hierzu 10% Teuerungszuschlag gemäß den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

24. Oktober 1919.

Heft 43.

Die Abstammung der Hausrinder.

Von Dr. Otto Antonius, Wien.

I. Systematik der Rinder.

Die Gruppe der Rinder stellt einen verhältnismäßig jungen und hochspezialisierten Ast des Wiederkäuerstammes der Hohlhörner (*Cavicornia*) dar. Erst im Jungtertiär Eurasiens ist sie nachweisbar und hier noch durch primitive Formen von ganz antilopenartigem Habitus vertreten; andererseits treten in nur wenig jüngeren Schichten auch schon so hochspezialisierte Formen auf wie *Bison* und *Bos* im engsten Sinn. Den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreichte sie wohl im älteren Quartär, als nahezu alle Rinderstämme Riesenformen zum Teil mit ganz ungeheuren Hörnern bildeten. Heute sind mehrere Stämme in wildem Zustand verschwunden; einer von diesen lebt aber im Hausrind fort.

Man kann die Gruppe der Bovinae in 3 Untergruppen teilen, von denen jede wieder in mehrere Formenkreise zerfällt, wobei es der Ansicht des einzelnen überlassen bleibt, welche von diesen er als Gattungen anerkennt oder nicht. Die erste dieser Untergruppen besteht aus der Gattung *Leptobos* und ihren engeren Verwandten, antilopenartigen tertiären Rindern, die in der Gegenwart nicht mehr vertreten sind¹⁾. Da sie zu den Hausrindern keine Beziehungen haben, interessieren sie uns hier nicht weiter. — In ihren ursprünglichsten Vertretern ebenfalls primitiv, in anderen bereits hochspezialisiert ist die Gruppe der Büffel (*Bubalina*); zu ihr gehört der Zwergbüffel von Celebes, *Anoa depressicornis*, ferner die indischen Büffel, die im Quartär viel weiter nach Westen — bis ins Atlasgebiet — verbreitet waren und noch in frühhistorischer Zeit im Zweistromland nachweisbar sind. Von solchen indischen Wildbüffeln stammen die zahmen Büffel Südasiens, Südosteuropas und Nordafrikas. Eine andere Büffelgruppe bewohnt heute Afrika südlich der Sahara, kam aber noch in frühhistori-

scher Zeit im ganzen Stromgebiet des Nils vor, also auch in Unterägypten. Ihre höchste Ausbildung erreichte sie in dem quartären *Bubalus Baini* des Kaplands, einem gewaltigen Büffel mit ungeheuren Hörnern; die primitivsten Formen aber leben noch heute: es sind die verschiedenen örtlichen Rassen der Rotbüffel, die das afrikanische Waldgebiet in seiner ganzen Ausdehnung bewohnen. — Der *Leptobos*-Gruppe (*Leptobovina*) und den Büffelartigen (*Bubalina*) stehen die übrigen Rinder als dritte geschlossene Gruppe gegenüber, die ich unter dem Namen *Taurina* zusammenfasse. Diese Gruppe zerfällt wieder in 4 Formenkreise, von denen die Gattung oder Untergattung *Bibos* den Büffeln in mancher Beziehung nahe, in anderer freilich wieder recht fernsteht. Sie umfaßt zwei lebende Wildformen, die beide auch Hausrinder geliefert haben: den Gaur (*Bibos gaurus*) mit der als Gayal bekannten Domestikationsform und den Banteng (*Bibos banteng*), die Stammform der zahmen Balirinder. Zur zweiten Gattung, *Bison*, gehören die europäischen und amerikanischen Wisente, die in absehbarer Zeit gänzlich verschwunden sein werden, wenn nicht die Domestikationsversuche mit letzterer Art in zwölfter Stunde noch Erfolg haben und wenigstens die amerikanische Form vor dem vollständigen Erlöschen retten, das der europäischen unfehlbar und unmittelbar bevorsteht. Im Quartär bildete auch diese Gattung riesenhörnige Formen, namentlich in Amerika. Die dritte Gattung oder Untergattung wird allein vom tibetatischen Yak (*Poëphagus gruniens*) vertreten, der im wilden und zahmen Zustand bekannt ist. Die vierte und letzte Gattung schließlich (*Bos* im engsten Sinne) wird vom Hausrind und seinen ausgestorbenen Ahnen gebildet. Es ergibt sich also folgende Dreiteilung der Rinder:

1. *Leptobovina*: *Leptobos*, *Amphibos* usw. (alle ausgestorben);
2. *Bubalina*: *Anoa*, indischer und afrikanischer Formenkreis von *Bubalus*;
3. *Taurina*: *Bibos*, *Bison*, *Poëphagus* und *Bos* s. str.

II. Hausbüffel, Balirind, Gayal und Yak.

Es empfiehlt sich, vor dem Eingehen in die schwer zu übersehenden Abstammungsverhältnisse des Hausrinds die übrigen domestizierten Rinder zu betrachten, weil sie, deren Zähmung wohl durchaus viel späteren Zeiten angehört als jene des Hausrinds, eben deshalb sich weniger weit von den noch lebenden Stammformen entfernt haben, während die wilden Ahnen des Hausrinds

¹⁾ Daß die *Leptobos*-artigen Wiederkäuer echte Rinder waren, wenn auch recht primitive, hat der klassische Haustierpaläontolog L. Ruetimeyer (1) überzeugend nachgewiesen. Wenn U. Duerst (2) sie von den Rindern abtrennen möchte, weil die Weibchen hornlos waren, so sei hier nur daran erinnert, daß wir auch in einer anderen Hohlhörner-Gruppe (*Tragelaphinae*) bei nächstverwandten Formen gehörnte und ungehörnte Weibchen antreffen: in dieser Gruppe sind Elen- und Bongo-Antilope in beiden Geschlechtern, die übrigen Arten nur im männlichen Geschlecht gehörnt.

ausgestorben, ihre Nachkommen durch künstliche Zuchtwahl und Kreuzung aber zum Teil so stark verändert sind, daß es oft schwer ist, sich von der wilden Stammform ein richtiges Bild zu machen. — Der *Hausbüffel* stammt zweifellos von einer indischen Wildbüffelfrasse, aber von welcher, das ist kaum festzustellen. Denn die Hausbüffel verwildern leicht und rasch, und zwischen solchen Nachkommen entlaufener zahmer Büffel und echten wilden ist kaum sicher zu unterscheiden. Vielleicht kommt es daher, daß die zahmen Büffel einer Gegend mit den im gleichen Gebiet vorkommenden „wilden“ Rassen so auffallend übereinstimmen: der zahme Büffel Ceylons gleicht ganz dem wilden der gleichen Insel, ebenso wie der Hausbüffel Assams und jener der Sundainseln den entsprechenden Wildformen ihrer Heimat gleichen. Erst fern von der Heimat erscheinen die Hausbüffel mehr verändert, aber im ganzen beschränken sich die Domestikationsmerkmale bei diesem Rind auf bedeutendere oder geringere Größe — je nach günstigeren oder ungünstigeren Lebensbedingungen²⁾ — stärker oder schwächer entwickeltes Gehörn, das wohl immer hinter der entsprechenden Wildform zurückbleibt, mitunter abweichend gebogen ist oder sogar ganz fehlt und schließlich auf die größere Variabilität der Farbe, die alle Tönungen von tiefem Schwarz bis zu albinistischem Weiß durchlaufen kann. Über Schädeluntersuchungen ist mir nichts bekannt; sie wären wohl infolge der Unmöglichkeit, Schädel sicher wilder Büffel zu bekommen, äußerst schwierig durchzuführen.

Anders liegen die Verhältnisse bei der zweiten domestizierten indischen Rinderform, dem Balirind bzw. *Banteng*. Dieser ist als zweifellose Wildform bekannt und man kennt auch einige geographische Rassen. Die typische Rasse bewohnt Java, eine sehr nahestehende, aber im Gehörn etwas abweichende Borneo, eine dritte und vierte verschiedene Gegenden des festländischen Hinterindien. Die Beziehungen zwischen dem wilden Banteng und dem von ihm abstammenden Balirind haben in neuerer Zeit durch *H. Gans* (3) eine vortreffliche Bearbeitung gefunden. Die Unterschiede beider Formen liegen in der geringeren Größe der zahmen, einer Verkürzung des Schädels und abweichender Biegung des Gehörns bei letzterer, das viel weniger stark gebogen ist und nur einen sehr offenen Bogen beschreibt. In der Farbe ist zwischen dem zahmen Balibanteng und dem wilden von Java weniger Unterschied als zwischen letzterem und den wilden Lokalrassen vom hinterindischen Festland. Mit dem Hausrind — und zwar sowohl dem europäischen wie auch den indischen Zebus — besteht nur eine beschränkte Fruchtbarkeit. Schon deshalb könnte nicht die Rede davon sein, daß der Banteng der wilde Ahne der Zebus ist, wie *C. Keller* (4) meinte. Die männlichen Ba-

starde scheinen in der Regel unfruchtbar zu sein, die weiblichen aber bei Anpaarung an eine der Stammrassen oder eine dritte Rinderart wohl meist fruchtbar. So ist es immerhin möglich, daß Bantengblut in einigen hinterindischen Hausrindrassen vorhanden ist; die von *B. Vryburg* (5) beigebraachten Photographien von Hausrindern von Madura, zum Teil auch jene von Java, machen die Annahme sogar sehr wahrscheinlich.

Wie das zahme Balirind zum wilden Banteng, so verhält sich auch nach *Gans'* klaren Ausführungen der sogenannte Gayal (*Bibos frontalis* Lamb.) zum wilden Gaur (*Bibos gaurus* Ev.). Auch *M. Hiltzheimer* (6) vertritt die Ansicht, daß der Gayal nur als Domestikationsform des Gaur anzusehen sei, so daß die lange erörterte Frage nach der Artselbständigkeit von Gaur und Gayal nun wohl als im verneinenden Sinne erledigt angesehen werden kann. Die Unterschiede sind die gleichen wie zwischen Balirind und wildem Banteng: die domestizierte Form ist kleiner, die Hörner kürzer und gerader, der Schädel kürzer, die bei den meisten — aber keineswegs allen — Gaurschädeln stark konkave Stirnfläche ist beim Gayal meist flach, die obere Begrenzung der Stirn beim Gaur mehr oder minder konvex, beim Gayal gerade. Es gibt aber Gaurschädel, die sich bis auf die bedeutendere Größe und die gekrümmten Hörner von Gayalschädeln kaum unterscheiden. Der wilde Gaur bewohnt nicht nur Vorderindien, sondern auch einen großen Teil des hinterindischen Festlandes, von wo auch eine sehr gayalähnliche Lokalrasse beschrieben ist (*B. gaurus hubbacki* Lyd.). Der zahme Gayal scheint in seiner Verbreitung auf die die Bai von Bengalen nördlich und östlich begrenzenden Gebirgsländer beschränkt und auch hier nur inselartig verbreitet zu sein. Der wilde Gaur erzeugt bei Kreuzung mit Hausrindern Bastarde, die im weiblichen Geschlecht fruchtbar zu sein scheinen, im männlichen wohl nur ausnahmsweise. Das gleiche gilt für den Gayal, den man auch mit dem Hausbüffel gekreuzt hat.

Ähnliche Unterschiede wie zwischen Gayal und Gaur, Balirind und Banteng bestehen nach den Untersuchungen von *W. Leche* (7) auch zwischen zahmem und wildem Yak. Der wilde Yak ist ein mächtiges, braunschwarzes Wildrind mit langem Schädel, der gewissermaßen in der Mitte steht zwischen den Schädeln von *Bibos*, *Bison* und *Bos*, und langem, stark gebogenem Gehörn, das auffallend an jenes des quartären Urstiers *Bos primigenius* erinnert. Der zahme Yak ist viel kleiner, sein Schädel kürzer, namentlich im Schnauzenteil, wodurch wie beim Gayal die Stirn breiter erscheint als bei der Wildform; das Gehörn zeigt nur selten den gleichen Verlauf wie bei letzterer, meist ist es viel gerader, in der Regel in einfachem Bogen seitwärts und aufwärts gerichtet, oft fehlt es ganz. Die Farbe gleicht sehr oft der als „Rückenschecken“ bekannten Hausrindzeichnung, es gibt aber auch ganz

²⁾ Ausgesprochene Zwergbüffel traf ich nur in Albanien, eine sehr große Rasse in Ägypten.

schwarze, blaugraue, braune und weiße Yaks. Die Heimat des wilden Yaks ist das tibetanische Hochland, die zahme Form geht nach Westen, Osten und Norden etwas über dieses hinaus. Männliche Bastarde von Yak und Hausrind erwiesen sich ausnahmslos als unfruchtbar, weibliche sind in der Regel unbeschränkt fruchtbar.

Zusammenfassend sei also über die allgemeinen Unterschiede zwischen den Wildrindern und ihren gezähmten Nachkommen wiederholt, daß die Nachkommen regelmäßig kleiner sind und kürzere Hörner besitzen, die in der Form mehr variieren, meist aber einfacher gebogen sind, manchmal auch ganz fehlen. Die Farbe ändert ebenfalls mehr ab, der Schädel ist regelmäßig kürzer, insbesondere im Schnauzenteil.

III. Wildformen der Gattung *Bos* im engsten Sinne.

Die bekannteste wilde Art der echten Rinder ist der weitverbreitete und außerordentlich vielgestaltige *Ur* (*Bos primigenius* Bojanus). Er ist zuerst — und zwar gleich in einer riesenhörnigen Form — im jüngsten Pliozän Indiens nachweisbar (*Bos planifrons* Falc.) und hat sich dort bis ins Quartär gehalten (*Bos namadicus* Falc.). In Vorderasien ist er osteologisch bisher nicht sicher nachgewiesen, aber literarische Quellen und bildliche Darstellungen lassen keinen Zweifel, daß er noch in historischer Zeit in den Bergen Kleinasiens und Syriens vorkam. Er ist der *rimu* der Assyrer, der *reem* der Bibel — das „Einhorn“ der Lutherschen Übersetzung. Die Sumerer kannten ihn ebenso gut wie die Hethiter Kleinasiens, und die Hofkünstler Assurnasirpals haben uns lebendige Szenen von Jagden dieses Königs auf das gewaltige Wild hinterlassen. — Ein zweites Verbreitungsgebiet echter Ure war Nordafrika. In Ägypten, von wo M. Hilzheimer (8) einen Rest beschrieben hat, scheint er allerdings das Jahr 1000 v. Chr. nicht erreicht zu haben, aber im Lande der Garamanten, das etwa dem heutigen Fezzan entspricht, kam er noch zur Zeit Herodots vor und die gleiche Lokalrasse (*Bos opisthonomus* Pomel) ist auch aus dem Jungquartär Algeriens bekannt. — Im Pliozän Europas gehört der Ur meist einer Faunengesellschaft an, die für die wärmeren Zwischeneiszeiten charakteristisch ist: *Elephas antiquus*, *Rhinoceros merckii*, Edelhirsch und die großen Waldpferde sind meist seine Begleiter. Daß er aber auch in kälteren Steppenzeiten vorkam, beweisen künstlerische Darstellungen des Jungpaläolithikers von Combarelles. Wohl aus allen Ländern Europas sind auch Knochenreste des Urs bekannt geworden, die besonders in der Größe und Hornentwicklung oft stark voneinander abweichen, eine zusammenfassende Bearbeitung aber bisher nicht gefunden haben: Nur aus Italien hat H. v. Meyer (9) schon im Jahre 1835 eine Lokalform als *Bos trochoceros* beschrieben, die sich durch geringfügige Abweichungen der Stirn, vor allem durch die stark gesenkten Hörner unterschied, die ebenso ver-

laufen wie bei dem schon erwähnten nordafrikanischen *Bos opisthonomus*. Eine mächtig gehörnte Form, ebenfalls aus Italien, ist von H. Pohlig (10) als *Bos primigenius Italiae*, eine kleinere mit mehr aufrechtem Gehörn als *Bos pr. Siciliae* abgetrennt worden. In Mittel- und Osteuropa hat sich der Ur bis in die Neuzeit gehalten, so daß wir auch über sein Äußeres gut unterrichtet sind. Allen Nachrichten zufolge war es ein mächtiges Rind, dessen Durchschnittsgröße nur von den allergrößten modernen Rindern gelegentlich erreicht wird. Die Ähnlichkeit mit dem Hausrind wird von allen hervorgehoben, die das Tier noch lebend kannten. Wie bei jenem war das Haar kurz und verhältnismäßig glatt, der Widerrist nicht besonders erhöht. Die Farbe wird von fast allen Beobachtern als schwarz geschildert, mit einem weißen „Aalstrich“ am Rücken. Es war tiefes Schwarz aber wohl nur die Farbe alter Stiere und höchstens bei gewissen Lokalrassen auch die der Kühe. Im allgemeinen wird man sich letztere als rötlich- bis schwarzbraun vorzustellen haben, und rotbraun waren wohl auch die Kälber, wie fast bei allen schwarzen Wildrindern. Das Haar an der Stirne war länger, kraus und graulichweiß. Ob neben dieser häufigsten Farbe nicht auch in Europa rotbraune oder graufahle Lokalrassen anzunehmen sind, läßt sich nicht mehr feststellen, ist aber leicht möglich. Für den ägyptischen Ur hat Hilzheimer (11) nach Denkmaldarstellungen eine braune Farbe mit lichtem „Sattel“ nachgewiesen, wie sie ähnlich auch beim „Braunvieh“ oft auftritt. Die Schädelform des Urs glich am meisten der der spanischen Kampfziegen und der großhörnigen Steppenrinder der Gegenwart; wie bei diesen war die Stirn annähernd quadratisch, flach, mit wenig hervortretenden, aber großen Augenhöhlen, der Schnauzenteil lang und etwas geramst. Das Gehörn war lang und in weitem Bogen zuerst nach außen und oben, dann nach vorne gerichtet, bei der italienischen und nordafrikanischen Rasse, wie schon erwähnt, mehr nach vorne und unten — etwa in der Art der englischen „Longhorns“ der Gegenwart.

Auf die Ausrottungsgeschichte der letzten Ure, über die wir ziemlich genau unterrichtet sind, kann hier nicht ausführlich eingegangen werden³⁾. Sicher kam er noch Anfang des 15. Jahrhunderts in den an Preußen grenzenden Teilen von Littauen vor, 200 Jahre später noch in Polen, und zwar in einem großen „Jaktorowka“ genannten Wald, etwa 55 km westsüdwestlich von Warschau. Dieser Wald spielte für den Ur als letztes Refugium etwa die gleiche Rolle wie heute der Wald von Bialowie für den Wisent. Im Jahre 1564 lebten in der Jaktorowka noch 38 Ure, und zwar 8 alte, 3 junge Stiere, 22 Kühe und 5 Kälber, im Jahre 1599 waren es nur mehr 24 Stück, und im Jahre 1604 war ihre

³⁾ Der Leser sei hierfür besonders auf A. Mertens (12) verwiesen.

Zahl bereits auf 4 gesunken; im Jahre 1620 lebte nur mehr eine Kuh, die 1627 — wahrscheinlich als letzte ihres Geschlechtes — einging. Nur in dem Wildpark von Zamosc könnten damals noch Ure gelebt haben; 1610 waren sie dort scheinbar noch vorhanden, aber Genaueres über ihre Zahl und ihr allmähliches Verschwinden ist aus diesem Walde nicht bekannt. Lange haben sie die Ure der Jaktorowka jedenfalls nicht überlebt.

Neben diesem großen Ur scheint nun im Quartär Europas da und dort ein kleineres echtes Rind vorgekommen zu sein, dessen Wildnatur man mit Unrecht angezweifelt hat. Schon R. Owen (13) hat solche kleine Rinderreste aus angeblich pliozänen und quartären Bildungen Großbritanniens beschrieben und *Bos brachyceros*, später *Bos longifrons* benannt. Aus altquartären Schichten von Heiligenstadt bei Wien wurden ebenfalls spärliche Reste eines kleinen Rindes bekannt und später hat H. Pohlig (10) einen Schädel aus dem jüngsten Pliozän oder ältesten Quartär von Italien beschrieben, für den er den Namen *Bos brachyceroides*, später *Bos mastodontis* vorschlug, und der sich im geologischen Universitätsinstitute in Wien befindet. L. Adametz (14) hat uns mit dem Schädel einer kleinen Wildrindart aus Galizien bekannt gemacht, die mehr an den echten Ur erinnert als die bisher erwähnten, aber doch noch engere Beziehungen zum späteren zahmen „Torfrind“ — wie unten gezeigt wird, das älteste Hausrind — besitzt und von ihm als *Bos (brachyceros) europaeus* bezeichnet wurde. Schließlich hat K. v. d. Malsburg (15) nachgewiesen, daß im Gebiete des Niederrheins der große Ur eine richtige Zwergrasse, die ihm zwar in allen wesentlichen Zügen ähnlich, aber viel kleiner war, gebildet hat. Dieser kleine Ur der Nordseeküste erhielt von ihm den Namen *Bos urus minutus*. — Das Verhältnis dieser untereinander wieder verschiedenen kleinen Quartär-rinder zum großen Ur wird man sich offenbar ähnlich vorzustellen haben wie in der Gegenwart jenes zwischen den kleinen sogenannten Rotbüffeln und dem großen Kafferbüffel. M. Hilzheimer (6) hat die Zusammenhänge aller dieser afrikanischen Wildbüffel klar dargestellt, so daß ich hier auf seine Ausführungen verweisen kann. Hier wie dort sind beide Endformen nicht scharf getrennt, sondern durch mancherlei Übergangsformen verbunden, die unter sich wieder verschiedene Spezialisationskreuzungen aufweisen. Die einzige Schwierigkeit bei diesem Vergleich bildet die Tatsache, daß in der Gegenwart eine deutliche, wenn auch keineswegs scharfe geographische Scheidung zwischen beiden Büffeltypen besteht, während die kleinen Quartär-rinder überall innerhalb des Verbreitungsgebiets der großen Art auftreten. Eine Klimaschwankung im heutigen Afrika würde aber zweifellos auch Verschiebungen in der Verbreitung der afrikanischen Büffel hervorrufen. Solche Klimaschwankungen nun waren bekanntlich in der „Eiszeit“ nichts

Seltenes in Europa, und wenn man bedenkt, daß jede von ihnen die Verbreitung der beiden verwandten Typen geändert hat, daß ferner die langen Zwischeneiszeiten überall ausreichten, um neue geographische Rassen zu bilden, so wird die eigentümlich zerrissene geographische Verbreitung der kleinen Rinder nicht weiter merkwürdig erscheinen. Man müßte sich nur vorstellen, wie sehr ein im Laufe einer halben Jahr-million viermal wiederholter Vorstoß des afrikanischen Urwalds über die ihn heute umgebenden Steppenländer das Bild der „geographischen Geschichte“ der afrikanischen Wildbüffel verwirren würde, und wie schwer man klar sehen könnte, wenn man von beiden Typen dann nur mehr oder minder spärliche und unvollständige Reste zur Verfügung hätte.

Auch in der Gruppe der Wisente muß im Quartär Europas neben der großgehörnten, *Bison priscus* genannten, ausgestorbenen Art eine kleinere und kürzer gehörnte gelebt haben, weil unser lebender europäischer Wisent in mancher Beziehung primitiver ist als die oben genannte Art, also nicht von ihr abgeleitet werden kann. Gleichwohl sind Reste, die man zu der problematischen Ahnenform des lebenden Wisents in Beziehung bringen könnte, fast unbekannt. Und wären die europäischen Wisente nun insgesamt ausgestorben, so würden die Forscher bei der Bearbeitung ihrer Reste höchstwahrscheinlich zu einem Ergebnis kommen, das ganz jenem entspräche, wie wir es im Falle des Urs und seiner kleinen Verwandten tatsächlich vor uns haben: daß neben der weit verbreiteten großhörnigen Art in einigen Teilen ihres Verbreitungsgebietes auch eine kleinere kürzer gehörnte aufgetreten sein dürfte! — So fehlt es also in der lebenden Fauna nicht an vergleichbaren Fällen, die uns das Nebeneinandervorkommen zweier echter und nahe verwandter Wildrinder, von denen jedes wieder in verschiedene Rassen zerfiel, durchaus glaublich erscheinen lassen.

IV. Die ältesten Hausrinder und ihre Herkunft.

In Europa treten die ersten Hausrinder mit dem entwickelten Vollneolithikum auf, und zwar in einer Form, die (von L. Ruetimeyer als *Bos taurus brachyceros* bezeichnet) sich so eng an die zuletzt erwähnten kleinen Quartär-rinder anschließt, daß man meist alle diese kleinen echten Rinderreste auf Haustierte bezogen hat, weil man sich nicht vorstellen konnte, daß neben dem großen Ur auch noch ein kleines Wildrind vorkam. Berühmt durch ihren Reichtum an solchen „Torfrindern“ sind die Pfahlbauten der Alpenseen, aber nicht nur sie haben uns solche Reste erhalten, sondern auch sehr viele andere neolithische und jüngere prähistorische Fundplätze Europas. In ihrer primitivsten Form haben sich solche Typen in Europa wohl in Albanien erhalten, wie L. Adametz (17) nachgewiesen hat, aber auch andere

Schläge, wie die galizischen „Majdaner“, das polnische Rotvieh, das diesem nahestehende Anglerind Norddeutschlands, manche französische und englische Rassen, vor allem aber das primitive „Braunvieh“ der Alpen gehen in der Hauptsache auf das kleine Torfrind zurück. Merkwürdigerweise haben nur wenige Forscher die europäische Herkunft dieser Rasse vertreten, eben weil die meisten den Wildcharakter der kleinen quartären Reste bezweifelten. Einige suchten den Ursprung in Asien, so vor allem *C. Keller* (4), der, wie erwähnt, das Braunvieh über den Zebu vom Banteng ableiten wollte — eine heute gänzlich unhaltbare Ansicht! Der Banteng ist nicht nur im Schädelbau vom Braunvieh wie auch von den meisten Zeburindern gänzlich verschieden, auch seine gezähmten Nachkommen — die oben erwähnten Balirinder — sehen ganz anders aus; zudem ist er mit dem Hausrind nur beschränkt fruchtbar. Schließlich fehlen auch Nachweise von uralten Kultureinflüssen so weit südöstlichen Ursprungs, wie sie die Übermittlung eines Haustieres in so früher Zeit voraussetzen würde, und andererseits scheint der Banteng niemals weiter nach Westen verbreitet gewesen zu sein. Ist diese Meinung also durchaus unhaltbar, so muß eine zweite um so mehr gewürdigt werden. Ihr Hauptvertreter war *A. Nehring* (18), dem die Haustiergeschichte so wertvolle Förderung verdankt. *Nehring* glaubte in dem Torfrind nichts anderes als eine Kümmerform des Urs zu sehen, entstanden durch die ungünstigen Lebensbedingungen, denen die ersten zahmen Rinder ausgesetzt waren. Um die Berechtigung dieser Ansicht zu prüfen, ist es nötig, unzweifelhafte verkümmerte Nachkommen des Urs zu betrachten und ihre Unterschiede gegenüber diesem festzustellen. Ich habe während eines achtmonatigen Aufenthalts in Kleinasien, Syrien und Palästina viel Gelegenheit gehabt, solche verkümmerte Primigenius-Abkömmlinge neben echten „Brachyceros“-Rindern zu sehen. Von letzteren sind sie auf den ersten Blick zu unterscheiden, wenn auch natürlich an den Verbreitungsgrenzen beider Typen durch Kreuzung entstandene Übergangsformen vorhanden sind. Reine Primigenius-Kümmerformen unterscheiden sich von den dem gleichen Formenkreis angehörigen Stepperrindern vor allem durch die viel geringere Größe, Verkürzung des ganzen Kopfs, insbesondere des Schnauzenteils, kürzeres und einfacher gebogenes Gehörn — kurz, wir finden genau die gleichen Unterschiede wie zwischen wildem und zahmem Yak, ohne aber irgendeine Annäherung an den echten *Brachyceros*-Typus der Torfkuh feststellen zu können. Eine solche ist nur bei zweifellosen Kreuzungsprodukten vorhanden, bei denen man dann so ziemlich alle Schädeltypen findet, die von den europäischen Hausrindern bekannt geworden sind. Ist also die Ableitung der „Torfkuh“ vom Banteng nicht möglich, vom großen Ur mindestens äußerst unwahrscheinlich,

so hindert durchaus nichts, sie von den kleinen Quartärrindern abzuleiten, sofern man nicht deren Existenz überhaupt leugnen wollte. Daß hierzu kein Grund besteht, wurde im vorigen Abschnitt zu zeigen versucht. Die Beziehungen zwischen den ältesten Hausrindern Europas und manchen der kleinen Wildrinder sind äußerst enge, und ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß sich unter den gewöhnlich auf Hausrinder bezogenen Resten auch solche der noch wild vorgekommenen Stammform befinden, die als Jagdbeute in die gleichen Abfallstätten kam, wie die Reste der geschlachteten Haustiere. — Dieses kleine Rind, von dessen Aussehen uns das lebende Albanerrind, das ostgalizische Vieh und manche der primitivsten Braunviehschläge einen Begriff geben, finden wir im Besitze der ältesten ansässigen Kulturvölker des nördlichen Europas und wahrscheinlich auch Nordasiens. Durch die so häufigen Abwanderungen nach Süden kam es offenbar schon in sehr früher Zeit auch in die alten Kulturländer am Mittelmeer. Ob es dort ebenso wie in Mitteleuropa das älteste Hausrind war, ist freilich noch festzustellen: noch wissen wir z. B. über die Hausrinder der Sumerer nichts. Und ohne Kenntnis der Haustiere dieser alten Kulturträger des Zweistromlandes sind alle Erwägungen zwecklos. Mit Bestimmtheit können wir das kleine kurzhörnige Torfrind als ältestes Hausrind der Indogermanen bezeichnen, und ihre Wanderscharen haben es von der Urzeit bis in die Zeit der Völkerwanderung stets mit sich geführt. So ist es nicht weiter merkwürdig, wenn wir es schon in mykenischer Zeit in Kreta antreffen, wenn die Philister und Teukrer, deren Ansturm das ägyptische „neue Reich“ im 12. Jahrhundert v. Chr. erzittern ließ, auf zweirädrigen Karren dargestellt erscheinen, deren Bespannung kaum Zweifel an der Zugehörigkeit zu dieser Rasse zuläßt, wenn wir ferner die gleiche Rasse noch in zweifellos keltischen, germanischen und slawischen Siedlungen Mitteleuropas antreffen. Sicher war sie damals schon in verschiedene Schläge gespalten, die zum Teil auch schon mit den Abkömmlingen des großen Urs durchkreuzt gewesen sein mögen. — Unter ungünstigen Lebensbedingungen erwies sich die Rasse äußerst konstant und anpassungsfähig. Das ist wohl der Hauptgrund, daß wir ihre rezenten Nachkommen heute überall dort finden, wo Abkömmlinge des großen Urs nicht gedeihen wollen oder entarten.

Aber nicht allein das kleine Wildrind hat der Mensch in sehr früher Zeit domestiziert, sondern auch dessen großen Verwandten, den Ur. Wo zuerst, das können wir hier allerdings ebenso wenig sagen, wie beim kleinen Rind. Es scheint aber doch, als ob sein Domestikationszentrum weiter im Süden und Südosten zu suchen wäre. Archäologische Untersuchungen liegen zu dieser Frage nur aus Europa vor und diese erweisen den Ur bei uns zu Lande als sehr spät domestiziert: überall in unseren prähistorischen Sied-

lungen begegnen wir seinen gezähmten Nachkommen erst lange nach dem Torfrind. Dagegen muß die Frage noch offen bleiben, ob auch in den östlichen Mittelmeerländern dem zahmen Ur eine dem Formenkreis des Torfrinds angehörige Rasse vorausging. Die ältesten Darstellungen aus dem Zweistromland — die allerdings lange nicht soweit zurückreichen, als wie man noch vor kurzem annahm — zeigen ein urartiges Rind und sind noch besonders dadurch interessant, daß sie den Fang solcher Rinder darstellen. In Ägypten tritt der zahme Ur sicher schon in der prähistorischen Negadazeit auf; also um etwa 4000 v. Chr. Als Beweis dient die berühmte Schieferplatte im Museum von Gizeh, die in dreireihiger Darstellung das Rind — in einer dem Ur recht nahestehenden Form —, den Esel und das altägyptische Hausschaf darstellt. Wenn *C. Keller* dieses Rind als „bantengähnlich“ bezeichnet, so ist demgegenüber festzustellen, daß die Darstellung so wenig bantengähnliche Züge zeigt wie nur möglich! Es ist also anzunehmen, daß der Ur zuerst in der Gegend des östlichen Mittelmeers domestiziert wurde, ob aber auf afrikanischem oder asiatischem oder südeuropäischem Boden, das wissen wir heute noch nicht. In alter Zeit war namentlich Ägypten ein Stammland urähnlicher Hausrinder, während in frühhistorischer Zeit Südwestasiens ein kurzhörniges, dem Typus der Torfkuh ähnliches Rind vorgeherrscht zu haben scheint, das vielleicht durch nordische Einwanderer in die Gegend gekommen war und den weniger widerstandsfähigen Ur mehr oder minder verdrängte und aufzog. Die altägyptische Langhornrasse ist in ihren reinsten Vertretern ein echter Urabkömmling gewesen, und da ihr der heilige Apisstier entnommen wurde, so hat das Urrind keine geringe Rolle im Kultus der Ägypter gespielt. Es scheint mir auch, als ob die geheimnisvollen Abzeichen des Apisstiers, von denen Herodot berichtet, im wesentlichen nichts anderes ausdrücken als die Färbungscharaktere des wilden Urs. So entspricht der weiße Stirnfleck des Apis der grauweißen Stelle an der Stirn, wie wir sie beim Gaur und Gayal finden und auch beim Ur anzunehmen haben, während das Bild des Geiers mit ausgebreiteten Schwingen, das den Rücken des Apis bedeckte, sich ohne weiteres mit dem von *M. Hilzheimer* beim ägyptischen Ur nachgewiesenen hellen Sattel in Beziehung bringen läßt. — Eine ähnlich große Rolle wie bei den Ägyptern spielte der Ur bzw. seine gezähmten Nachkommen auch im Kultus der minoischen Bevölkerung Kretas. Hier scheinen Beziehungen zum Sonnenkult vorhanden zu sein, und vielleicht waren es gerade Feste, die mit diesem Sonnenkult zusammenhingen, bei denen große Stierkämpfe aufgeführt wurden. So zeigt ein Stier-Rhyton, das sehr gut auf den echten Ur bezogen werden kann, auf der Stirn das Symbol der Sonnenscheibe. Daß es aber nicht ausschließlich wilde

Ure waren, die im Kultus eine so große Rolle spielten, beweist ein Wandbild im Museum von Kandia, das einen springenden Stier mit echtem Urgehörn, aber rotscheckiger Farbe darstellt. Am berühmtesten von allen diesen minoischen Darstellungen sind wohl die beiden Goldbecher von Vaphio; sie zeigen ebenfalls ganz primigeniusartige Rinder, aber wohl kaum wilde Ure, stammen auch aus einer Zeit, in der der Ur längst domestiziert war und höchstens noch zu Kultzwecken in reiner Form gehalten wurde. Vielleicht ist eine ähnliche halb wilde Zucht anzunehmen, wie wir sie heute noch bei den spanischen Kampfrendern antreffen, die ja auch in Schädelbau und Gehörn den reinsten Urtypus vertreten.

In besonders enger Beziehung stehen mehr oder minder reinblütige Urabkömmlinge heute noch zu der großen Völkerfamilie der Hamiten. Deutlich sehen wir urähnliche Hausrinder im Besitz nicht nur der hamitischen Altägypter, sondern auch ihrer libyschen Verwandten und Feinde, und heute finden wir das reinste Urblut gerade bei jenen afrikanischen Völkern, die auch ihrerseits den Hamitentypus am reinsten zeigen: ich erinnere an die Watussi und Wahima des ostafrikanischen Seengebiets, die zwar die Sprache der unterworfenen Negervölker angenommen haben, somatisch aber reine Hamiten sind. Aber auch Negervölker, soweit sie von den Hamiten beeinflusst sind, haben die Zucht dieser Primigenius-Rinder übernommen, so z. B. die Bantuvölker der Herero und Betschuanen, die Schilluk und Dinka am weißen Nil. Ob das Urrind mit diesen vielleicht schon in alter Zeit von den Hamiten kulturell beeinflussten Negern bis ins äußerste Südafrika vorgedrungen ist, oder ob es erst durch die hamitischen Ahnen der Hottentotten, die später somatisch fast ganz in der buschmannartigen Urbevölkerung aufgegangen sind, dorthin kam, ist nicht mehr festzustellen. Kulturhistorisch für uns wichtiger als diese Ausbreitung nach Süden ist jene nach Westen. Wir wissen, daß hamitisch-libysche Völkerwellen bis in den Westsudan vorgedrungen sind, und wir finden dementsprechend auch dort ein Rind, das sich deutlich als Urabkömmling erweist. Aber auch die iberisch-baskische Bevölkerung Spaniens ist wenigstens somatisch eng mit der libyschen Nordafrikas verwandt, ja sogar sprachliche Verwandtschaft beider Völker wird von manchen Forschern angenommen. Und es scheint, als ob diese alte Völkerwelle nicht nur bis zu den Alpen nach Mitteleuropa vorgedrungen sei, sondern auch sich im Nordwesten bis England erstreckt habe. Tatsache ist jedenfalls, daß ein urähnliches Hausrind bei der ligurischen Bevölkerung der Seealpen existiert hat, und daß ein solches noch heute in Spanien auftritt — die bekannte Rasse der Kampfstiere. Nahezu identisch mit diesem spanischen Rind, eigentlich nur durch Höherzüchtung auf Nutzleistung etwas verändert, sind manche Rinderrassen Großbritan-

niens, wie die wertvollen Studien, die an der Wiener Hochschule für Bodenkultur angestellt wurden, beweisen. Sowohl die englischen wie die spanischen Primigenius-Rinder wurden als „brachycephaler“, vom Primigenius verschiedener Stamm angesehen; aber die eben erwähnten Untersuchungen *Ulmanskys* (19), *Saborskys* (20) und *Weisheits* (21) haben ergeben, daß es ebenso echte Urabkömmlinge sind, wie die osteuropäischen Steppenrinder⁴⁾. In den prähistorischen Siedlungen Mittel- und Nordeuropas tritt das vom Ur abstammende Hausrind, wie erwähnt, erst spät und lange nach dem Torfrind auf — offenbar zuerst als fremder Import. Ob dann auch der im Lande noch vorhandene wilde Ur selbst domestiziert wurde, kann nicht mehr festgestellt werden. Wenn ja, dann wohl nur in der Weise, daß man ihn gelegentlich zur Kreuzung mit den halbwild im Walde weidenden Hausrindern benutzte. Wo aber das eingeführte oder mit neuen Einwanderern ins Land gekommene Hausrind von Urabstammung, die Primigeniusrasse, mit dem älteren Torfrind zusammentraf, wurde es naturgemäß zur Verbesserung des letzteren mit ihm gekreuzt, und aus solchen durch Kreuzung entstandenen Typen setzen sich die meisten europäischen Hausrinderstämme der Gegenwart zusammen, wenn auch, wie oben gezeigt wurde, einigermaßen reinblütige Abkömmlinge beider noch vorhanden sind. Ein solcher offenbar an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten entstandener Typus ist die sogen. „Frontosus-Rasse“ des Hausrinds, der als wichtigste Vertreter die verschiedenen Fleckviehzuchten der Schweiz angehören. *L. Ruetimeyer* glaubte in ihm zuerst einen eigenen (dritten) Stamm des Hausrinds sehen zu müssen, neigte aber später mehr dazu, ihn als Domestikations- bzw. „Üppigkeits“-Form der Primigenius-Rasse zu betrachten. Ich glaube nicht, daß diese Frontosusrasse etwas anderes ist, als ein einigermaßen konstant gewordenes Kreuzungsprodukt der beiden älteren Hausrindtypen. Ich sage ausdrücklich: „einigermaßen konstant“, denn tatsächlich findet man in keiner anderen Rassen-Gruppe des Rindes eine größere Mannigfaltigkeit der Schädelbildung als beim Frontosusrind, und nur die allgemeinen Habituszüge sind mehr oder minder beständig. Sie lassen sich ohne weiteres verstehen als durch Kreuzung entstanden, wobei

⁴⁾ Diese Verbreitung der Ur-Rassen des Hausrinds einerseits mit den Hamiten bis nach Südafrika, andererseits nach Nordwesten bis England hat eine auffallende Parallele in dem ursprünglichen Vorkommen eines anderen Haustiers, das ebenfalls die engsten Beziehungen zu den Hamiten zeigt: des Windhunds. Auch dieses Tier finden wir im Gefolge der Hottentotten am Kap, mit somatisch reinen Hamiten im Westsudan und schließlich nach Norden schon in prähistorischer Zeit bis England verbreitet, wo allerdings der Typus durch Kreuzung mit Wölfen mehr verändert wurde. In Ägypten war ebenfalls der Windhund besonders geschätzt, und merkwürdigerweise finden wir ihn im Altertum wie noch heute auch in einem vierten Verbreitungsgebiet des Primigenius-Rindes: auf Kreta.

noch heute bald die eine, bald die andere Stammform mehr „durchschlägt“.

Eine konstant gewordene Üppigkeitsform ganz verschiedener Herkunft ist schließlich die von *M. Wilckens* (22) den drei Ruetimeyerschen Arten hinzugefügte vierte: *Bos brachycephalus*, das „Kurzkopfrind“, typisch in den Alpen durch den Zillertal-Duxer-Stamm in Tirol und das Eringer-vieh in der Westschweiz vertreten. Durch die seinerzeit große Beliebtheit des „Tiroler Viehs“ zur Verbesserung der mitteleuropäischen Viehschläge kam der Typus auch in anderen Zuchten zur Herrschaft, so z. B. in den Egerländer und Voigtländer Rindern. Äußerlich durch die einigermaßen mopsähnliche Verkürzung des Gesichtsteils diesen Alpenschlägen ähnlich sind die südenglischen sogen. Kurzkopfrinder (Devons) — echte Primigenius-Abkömmlinge, wie oben erwähnt. Die Zillertal-Duxer dürften nach *L. Adametz*⁵⁾ in der Hauptsache ebenfalls Primigeniusblut führen, sind aber viel mehr verändert als die englischen Devons. Bei ihnen grenzt die Verkürzung des Gesichtsteils, die Hand in Hand geht mit einer starken Verbreiterung der Stirne, oft geradezu an Mißbildung. Daß sie übrigens auch Blut des Torfrinds führen, ist zweifellos und gilt besonders vom Eringer Rind.

Wir sehen also, daß von den vier in der Literatur angeführten Hausrinderstämmen Europas zwei auf entsprechende Wildformen zurückgehen, während die zwei anderen sich ohne weiteres als Kreuzungs- bzw. Kulturformen erweisen. Schwerer ist die Frage nach der Abstammung einiger außereuropäischer Rassegruppen zu lösen. Schon in Osteuropa tritt neben den Rindern von europäischem Habitus, der grauen Steppenrasse und dem Rotvieh sowie ihren Kreuzungsprodukten untereinander und mit den verschiedensten Kulturrassen, ein abweichender Typus auf, das *aufrechthörnige Rind* oder die *Orthocerosrasse*, das „rote Steppenvieh“, das äußerlich sehr an das südafrikanische Afrikandervieh erinnert und vielleicht ebenso wie dieses einer Kreuzung von Primigenius-Abkömmlingen mit den gleich zu erwähnenden Zebus entstammt. Noch verworrener werden die Rassenverhältnisse in Südasien, der alten Heimat der *Zebus*. Im landläufigen Sinne bezeichnet man mit diesem Namen alle buckeltragenden Rinder — nicht ganz mit Recht, denn einerseits tritt diese Buckelbildung auch bei typischen Primigeniusrindern auf, andererseits fehlt sie häufig bei Rindern, die man ihrem Schädelbau nach doch nur zu den Zebus in Beziehung bringen kann. Es empfiehlt sich daher, die Bezeichnungen „Zebu“ und „Buckelrind“ nicht im gleichen Sinne anzuwenden, sondern erstere nur für jene Rinder zu gebrauchen, die die charakteristische Schädelform aufweisen, einerlei, ob sie buckeltragend sind oder nicht, letztere dagegen für alle wirklichen Buckelrinder, gleichgültig, welchem Schädeltyp sie angehören.

⁵⁾ Mündliche Mitteilung.

Es ist klar, daß der Bezeichnung Zebu eine viel größere Bedeutung für die Rassengeschichte zukommt, als der anderen, weil ein Fettbuckel auf dem Widerrist sehr gut von verschiedenen Rinderstämmen unabhängig voneinander erworben sein kann, während Schädelmerkmale doch mehr oder minder konstant sind. Der Zebutypus nun besteht vor allem in einer starken Verlängerung des feinen Gesichtsteils des Schädels bei gleichzeitiger Wölbung der Stirnfläche. Letztere ist bei stärker gehörnten Formen meist weniger bemerkbar als bei leichthörnigen, ohne daß aber die Bedeutung des Horngewichts für die Schädelform eine so große wäre, wie U. Duerst annimmt; zeigt doch gerade der großhörnigste Schlag, die sogen. Amrat-Mahal-Rasse, eine außerordentlich stark gewölbte Stirn, genau wie die kurzhörnige Hissarrasse. Die Form des Hinterhaupts gleicht sehr jener bei der europäischen Steppenrasse; aber die craniologischen Untersuchungen über Zebus stehen erst in den Anfängen und erstrecken sich noch lange nicht auf alle Rassen. Sicher ist, daß europäisches Blut, vielleicht der Brachycerosgruppe, in vielen — namentlich in kleineren — Zebustämmen Indiens vorhanden ist. Andererseits spricht die Ähnlichkeit im Schädelbau sowie die Hornform der großhörnigen Zebus dafür, daß auch Blut der Primigeniusrasse mindestens ausgiebig beigemischt wurde oder aber, daß die wilde Ahnenform der Zebus mit dem Ur identisch oder nächstverwandt war. Sehr früh scheint der Zebustamm nach Westen verbreitet worden zu sein, wenn er auch in Ägypten erst lange nach dem Rinde von Urabstammung auftritt.

In Vorderasien kann man noch heute eine alte Einwanderungsstraße verfolgen: schon im südlichen Mesopotamien soll der Zebutyp, hier in einer fast buckellosen, sehr hochbeinigen rotbraunen Rasse, unter den Hausrindern vorherrschen. Nach Westen zu wird er seltener, ist aber über Mosul, Aleppo und Damaskus bis in den Libanon verbreitet, hier natürlich nur mehr in Kreuzungsprodukten erkennbar. Nach Afrika ist er wohl noch vor dem ägyptischen Neuen Reich gelangt, vielleicht im Gefolge jener asiatischen Kulturwelle, die mit der Besetzung Unterägyptens durch die Hyksos ihren Abschluß fand, wahrscheinlich aber auf ganz anderem Wege, nämlich über Südarabien und Nubien: erscheinen doch auf ägyptischen Denkmälern sowohl Buckelrinder wie auch höckerlose Rinder vom Zebutypus stets als Tribut aus den Negerländern des Südens⁶⁾. Heute tritt er im Sudan noch neben Rindern von europäischem Typus auf, ebenso auch wohl im ganzen afrikanischen Steppengürtel. Naturgemäß überall in bunter Mischung mit dem durch die Hamitenkultur verbreiteten Urabkömm-

ling, aber doch immer wieder durchschlagend. So dürfte das rote „Afrikander“-Rind Transvaals viel Zebublut führen, ebenso manche Hausrinder Ostafrikas, namentlich kurzhörnige. Gerade diese auch bei Kreuzungsrasen immer wieder auftretenden Zeburückschläge machen es wahrscheinlich, daß die Zebus nicht ausschließlich von europäischen, d. h. nordischen Ahnen abstammen, sondern gerade ihr charakteristisches Gepräge einer bestimmten, von letzteren verschiedenen Ahnenform verdanken. Am wahrscheinlichsten dürfte die Annahme sein, daß ihr wilder Ahne dem indisch-quartären *Bos namadicus* nahegestanden habe, der sich ja auch vom europäischen Ur durch weniger quadratische und mehr gewölbte Stirnfläche unterschieden hat. — Blutmischung mit dem zahmen Banteng kommt vor, aber nur in beschränktem Maße, wie oben erwähnt.

V. Zusammenfassung.

Es scheint also nach dem heutigen Stande unseres Wissens, als ob das Hausrind rassengeschichtlich in drei verschiedene Stämme zu gliedern sei, die heute freilich fast nirgends sich blutrein erhalten haben, sondern überall nur vielfach miteinander durchkreuzt auftreten. Diese drei Stämme sind: 1. das Brachycerosrind im Sinne *Ruetimeyers*⁷⁾, 2. das Primigeniusrind Europas und Afrikas und 3. das Zeburind Süd- und Mittelasiens und Afrikas. Der erste Stamm geht, wie oben gezeigt wurde, wahrscheinlich auf eines der kleinen Wildrinder Europas zurück, der zweite auf den großen Ur Nordafrikas und Südwestasiens, der dritte auf eine nicht näher bekannte, aber dem Ur zweifellos nahestehende Form, vielleicht eine Lokalrasse desselben. Wo die älteste Domestikation erfolgt ist, können wir heute auch nicht annähernd feststellen. Sicher anzunehmen ist nur, daß die Domestikation der beiden später Haustiere gewordenen Stämme nur eine Nachahmung des ältesten Vorgangs war. Es wäre möglich, daß das Rind, zuerst irgendwo nördlich der mitteleuropäischen Gebirgskette domestiziert, durch Südwanderung einzelner Stämme weiter südlich wohnenden Völkern bekannt geworden und diese zur Zähmung der bei ihnen vorhandenen Wildrinder angeregt habe. Aber auch der andere Fall wäre denkbar, daß zuerst irgendwo im Mittelmeergebiet der Ur domestiziert, dann seine zahmen Abkömmlinge im Gefolge von Kulturwellen nach Norden gelangt und dort die prähistorischen Mitteleuropäer zur Zähmung des kleineren Verwandten veranlaßt habe. Welche von beiden Annahmen mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat, läßt sich schwer sagen. Sehr früh setzte dann auch die Rassenkreuzung ein und so intensiv, daß es heute schwer ist, reine Vertreter eines der drei Typen festzustellen.

⁶⁾ Ich erwähne, daß ich unabhängig von Herrn Hofr. Adametz zu dieser Ansicht, die sich mit der seinigen vollständig deckt, gekommen bin.

⁷⁾ Nicht *Duersts*, der den Namen für alle wirklich kurzhörnigen Rinder anwendet.

Reine Nachahmung war es auch, der wir die übrigen Haustiere aus der Verwandtschaft des Rindes verdanken. Daß der Gaur domestiziert wurde und den zahmen Gayal lieferte, ist ebenso eine noch dazu recht späte Nachahmung, wie die Zähmung des Bantengs zum Balirind, ferner die Domestikation des wilden Yaks und des wilden Büffels. Am frühesten ist vielleicht die Zähmung des Wildbüffels anzunehmen; spielt doch letzterer schon im altbabylonischen Kultus gelegentlich eine gewisse Rolle als „Himmelsstier“. Ob aber gerade hier die Örtlichkeit zu suchen ist, der wir dieses Haustier verdanken, ist zu bezweifeln. Vielmehr dürfte der Büffel aus Vorderasien verschwunden sein, bevor er wirklich Haustier geworden war, wenigstens fehlt er auf den jüngeren assyrischen Denkmälern, die uns auch mit den Haustieren des „Meerlands im Süden“ bekanntmachen, in dem er heute eine so wichtige Rolle spielt. In Palästina scheint er aber schon zur Zeit Christi oder doch bald danach bekannt gewesen zu sein. Denn ich fand in der Moschee von Sebastije ein aus den Ruinen von Samaria stammendes Säulenkapitäl, das zweifellos den Büffel, und zwar die noch heute im Lande vertretene verhältnismäßig kurzhörnige Rasse darstellt. Es ist also anzunehmen, daß er in Indien kurz vor Beginn unserer Zeitrechnung domestiziert und dann entlang der oben bei den Zeburindern erwähnten Handelsstraße nach Westen verbreitet wurde. Nach Europa ist er sicher nicht vor der Völkerwanderung, möglicherweise (nach Italien wenigstens) zur Zeit der Staufer über Sizilien, nach Ungarn und Kaukasien wahrscheinlich aber erst mit den Türken gekommen. Fehlt er doch z. B. der maurischen Kultur Spaniens. Auch der Yak dürfte wohl ziemlich früh in den Hausstand getreten sein, Gaur und Banteng dagegen sicher erst spät. Die Bedeutung dieser drei Formen ist örtlich eng begrenzt geblieben.

Nicht zum Haustier geworden ist bisher ein Wisent oder ein afrikanischer Büffel, obwohl die erst in den letzten Jahren versuchte Zähmung des amerikanischen Bisons vielversprechende Erfolge aufweisen kann.

Verzeichnis der zitierten Literatur.

- (1) L. Ruetimeyer, Versuch einer natürlichen Geschichte des Rindes, Neue Denkschriften d. Schw. Naturf. Gesellschaft. 1867.
- (2) U. Duerst, Wilckens' Naturgeschichte der Haustiere, 2. Aufl., Leipzig 1905.
- (3) H. Gans, Banteng und Zebu und ihr gegenseitiges Verhältnis, Diss. Halle 1915.
- (4) C. Keller, Die Abstammung der ältesten Haustiere, Zürich 1902.
- (5) B. Vryburg, Rindviehzucht in Niederländ. Ostindien, Jahrb. f. wissensch. u. prakt. Tierzucht Bd. 11, 1917.
- (6) M. Hilzheimer, Brehms Tierleben, 4. Aufl., 13. Bd., 1916.
- (7) W. Leche, Scientific results of a journey in Central Asia, part Zoology, Stockholm 1904.
- (8) M. Hilzheimer, Der ägyptische Ur, Festschrift f. Eduard Hahn, Stuttgart 1917.

(9) H. v. Meyer, Über fossile Ochsen, Nova Acta Acad. Caes. Leop.-Carol. XVII, 1835.

(10) H. Pohlig, Bovides fossiles de l'Italie, Bull. de la Soc. Belge de Geologie, Tome 25, 1911.

(11) M. Hilzheimer, Die Tierdarstellungen im Grab des Sahure. 26. wissensch. Veröffentl. d. deutsch. Orientges., Leipzig 1913.

(12) A. Mertens, Der Ur. Abhandl. u. Berichte d. Museums f. Natur- u. Heimatkunde zu Magdeburg Bd. 1, 1906.

(13) R. Owen, British fossil Mammals and Birds, London 1846.

(14) L. Adametz, Studien über Bos brachyceros europaeus, die wilde Stammform der Brachyceros-Rassen des europ. Hausrinds, Journal für Landwirtschaft. Bd. 46, 1898.

(15) K. v. d. Malsburg, Über neue Formen des kleinen diluvialen Urrindes, Ber. d. Akad. d. Wissensch. Krakau 1911.

(16) L. Ruetimeyer, Die Fauna der Pfahlbauten der Schweiz, Basel 1861.

(17) L. Adametz, Untersuchungen über den Schädelbau des albanes. Rindes, Zeitschr. f. d. landwirtsch. Versuchswesen in Öst. Bd. 1, 1898.

(18) A. Nehring, Zahlreiche Abhandlungen dieses ausgezeichneten Forschers haben sich mit dem fragl. Gegenstand beschäftigt.

(19) S. Ulmanský, Die andalusische Rinderrasse, Mitteilungen d. landw. Lehrkanzeln d. Hochsch. f. Bodenkultur Bd. 3, 1917.

(20) P. Saborsky, Das wallisische Schwarzvieh, Mitteilungen d. landw. Lehrkanzeln d. Hochsch. f. Bodenkultur Bd. 1, 1913.

(21) F. Weisheit, Devons und South-Devons, Mitteilungen d. landw. Lehrkanzeln d. Hochsch. f. Bodenkultur Bd. 2, 1914.

(22) M. Wilckens, Über die Brachycephalus-Rasse des Hausrinds, Mitteilungen d. Anthropol. Gesellsch. Wien 1880.

Die heterochrome Photometrie in Theorie und Praxis.

Von Dipl.-Ing. R. von Voß, Berlin,

Oberingenieur der Siemens & Halske A.-G.

Seit den Zeiten, da Bunsen sein Fettfleck-Photometer konstruierte, mit dem man in der denkbar einfachsten Weise die Lichtstärke verschiedener Lichtquellen meßbar miteinander vergleichen konnte, und von Hefner-Alteneck seine bekannte Lichteinheit schuf, hat das Problem der heterochromen Photometrie alle Fachleute, Theoretiker und Praktiker, eingehend beschäftigt. Einfach und einwandfrei ist nämlich die Einstellung auf gleiche Helligkeit der beiden Vergleichsfelder nur für den Fall, daß die beiden miteinander zu vergleichenden Lichtquellen den gleichen Farbenton aufweisen. Sobald aber die Lichtfarben sich wesentlich voneinander unterscheiden, ist das Auge ohne weiteres nicht mehr imstande, mit Sicherheit zu erkennen, wann die beiden Vergleichsfelder genau gleiche Helligkeit zeigen. Vor allem sind die Ergebnisse derartiger Messungen stets individuell mehr oder weniger verschieden und auch bei einer und derselben Person in hohem Maße von den verschiedensten Einflüssen abhängig. Die Messung ist naturgemäß um so unsicherer, je größer der Farbenunterschied ist, und wird in der Regel so gut wie undurchführbar,

wenn es sich um den Vergleich einer ausgesprochen buntfarbigen Lichtquelle mit dem Lichte beispielsweise der Hefnerlampe handelt. Aber auch bei viel weniger verschiedenen Farbtönen ist die Unsicherheit der Einstellung so groß, daß selbst bei der praktischen Photometrie der normalen künstlichen Lichtquellen sich die Notwendigkeit herausgestellt hat, besondere Hilfsmittel zu schaffen, um die Messung zu erleichtern und sicherer zu gestalten.

Das Problem der heterochromen Photometrie ist deshalb so schwierig, weil es sich nicht rein physikalisch eindeutig lösen läßt. Man muß sich vielmehr darüber klar sein, daß die Frage des Vergleiches der Helligkeit verschiedenfarbiger Lichter nur *physiologisch* beantwortet werden kann. Sache der Physiologen ist es also, die wissenschaftlichen Grundlagen für die Praxis der Photometrie zu schaffen und diejenigen Daten festzulegen, auf denen der Praktiker die Konstruktion geeigneter Instrumente aufbauen kann. Dabei ist festzuhalten, daß die Photometrie in erster Linie der *Beleuchtungstechnik* dient, die sich die Aufgabe stellt, die Räume, in denen wir uns bewegen, je nach ihrem Zwecke ausreichend zu beleuchten. Daraus ergibt sich meines Erachtens zweifelsfrei die Richtigkeit des folgenden Satzes:

Zwei verschiedenfarbige Lichtquellen sind dann als gleich hell zu bezeichnen, wenn sie denselben Raum gleich hell erleuchten, d. h. so, daß ein Mensch mit normalen Augen alle Gegenstände in dem Raume in beiden Fällen gleich gut erkennen kann.

Um zu einer einwandfreien Beantwortung dieser Frage zu gelangen, müßten derartige Untersuchungen natürlich mit einer großen Reihe von Versuchspersonen vorgenommen werden, und es ist eigentlich verwunderlich, daß wenigstens in Deutschland seit dem Jahre 1890, als *König* seine bekannte Augenempfindlichkeitskurve veröffentlichte, umfangreichere Versuche in dieser Richtung kaum unternommen worden sind. Anders in Amerika, wo aus den Bedürfnissen der praktischen Beleuchtungstechnik heraus, deren Bedeutung man dort zudem viel früher erkannt hat als bei uns, verschiedene Forscher, besonders *Ives*¹⁾ und *Nutting*²⁾ Messungen der Sehfähigkeit bei den verschiedenen Wellenlängen in größerem Maßstabe anstellten. Bei der Wichtigkeit dieser Untersuchungen für die gesamte Beleuchtungstechnik halte ich es aber für unbedingt erforderlich, daß man auch bei uns dieser Frage ernstlich näher tritt und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt oder ein anderes geeignetes staatliches Institut eingehende wissenschaftliche Untersuchungen dieser Art auf breiter Grundlage anstellt. Solange dies noch nicht der Fall ist, könnte man sich wohl auch mit den Ergebnissen

der amerikanischen Arbeiten zufrieden geben, von denen besonders diejenigen von *Nutting* anscheinend mit großer Sorgfalt ausgeführt sind. Überhaupt ist zu bemerken, daß es für die Anwendung in der Praxis ja gar nicht so sehr darauf ankommt, ob das Ergebnis der Untersuchungen wirklich genau dem Durchschnitt aller normal-sichtigen Menschen entspricht, als darauf, daß durch die *Festsetzung einer bestimmten „normalen Sehfähigkeitskurve“* endlich einmal die Unsicherheit der photometrischen Meßmethoden wenigstens theoretisch zunächst beseitigt wird. Ich möchte also vorschlagen, daß man vorläufig die *Sehfähigkeitskurve von Nutting als maßgebend* ansieht und als *Grundlage für alle photometrischen Messungen* benutzt.

Theoretisch war somit die Aufgabe der heterochromen Photometrie eigentlich bereits seit Jahren bis zu einem gewissen Grade gelöst, bei der praktischen Anwendung aber stand man bis vor kurzem der ganzen Frage noch ziemlich ratlos gegenüber. Statt die Ergebnisse der Untersuchungen von *Ives* und *Nutting* zu benutzen, versuchte man immer wieder, den direkten Vergleich der verschiedenfarbigen Felder im Lummer-Brodhunschen Würfel durchzuführen. Für bestimmte Einzelfälle wurden auch wohl *Farbfilter* benutzt, um die Einstellung zu erleichtern, jedoch konnten diese noch nicht so bestimmt werden, daß man auf diese Weise zu einer theoretisch wirklich einwandfreien und allgemein anwendbaren Methode gelangt wäre.

Bevor ich nun näher auf die Verwendung von Farbfiltern eingehe, muß ich noch kurz das Verfahren der *Flimmer-Photometrie* erwähnen, das auf den ersten Blick das Problem der heterochromen Photometrie in genialer Weise zu lösen scheint. Es beruht bekanntlich auf der Erscheinung, daß das Auge auch bei sehr schnellem Wechsel der Lichteindrücke von verschiedenfarbigen Feldern im allgemeinen stets ein Flimmern wahrnimmt, das erst dann verschwindet, wenn die Felder annähernd gleich hell erscheinen. Abgesehen davon, daß diese Methode infolge der naturgemäß ziemlich umständlichen Meßeinrichtung in die Praxis bisher wenig Eingang gefunden hat, ist zu bemerken, daß auch die theoretischen Grundlagen des Verfahrens durchaus nicht ohne weiteres als einwandfrei anzusehen sind. Hinzu kommt noch, daß auch bei der Flimmer-Photometrie die individuellen Unterschiede der einzelnen Beobachter nicht ganz ausgeschaltet sind, so daß auf diese Weise das vorliegende Problem nicht zu lösen ist.

Die Anforderungen der Praxis an eine brauchbare Methode der Lichtmessung sind vielmehr folgende:

1. Die Einstellung muß auch bei beliebig weit auseinanderliegenden Farbtönen leicht und genau ausführbar sein, unabhängig von allen individuellen Verschiedenheiten der Beobachter.

¹⁾ El. World 1912, S. 1276.

²⁾ Zeitschrift f. Beleuchtungsw. usw., März 1917, S. 33.

2. Das Meßverfahren muß theoretisch einwandfrei begründet sein auf den Ergebnissen der Untersuchungen, wie sie in der „normalen Sehfähigkeitskurve“ festgelegt sind.

3. Die Meßgeräte müssen in allen wesentlichen Teilen unveränderlich und stets genau reproduzierbar sein, um allgemein gültige Meßergebnisse zu erzielen.

4. Die Einrichtung muß so getroffen sein, daß man bequem und ohne wesentlichen Zeitverlust von einem Farbenton auf einen beliebigen anderen übergehen kann.

Diesen Anforderungen wird eine Methode in weitgehendem Maße gerecht, die ich im Laufe der letzten Jahre ausgearbeitet und in die Praxis eingeführt habe.

Von der Erkenntnis ausgehend, daß eine einwandfreie Einstellung auf „Gleichheit“ oder „gleichen Kontrast“ der Vergleichsfelder nur bei genauer Farbgleichheit möglich ist, stellte ich mir die Aufgabe, eine Vergleichslichtquelle zu schaffen, die in ihrem Farbton veränderlich ist, so daß sie jeder beliebigen Lichtfarbe angepaßt werden kann. Bedingung ist dabei natürlich, daß unabhängig von der Einstellung auf irgendeinen Farbenton die Lichtstärke unverändert bleibt.

Zu diesem Zwecke benutze ich nun die auf der Young-Helmholtz'schen Farbentheorie beruhende Möglichkeit, jeden beliebigen Farbenton durch optische Synthese aus den bekannten drei Grundfarben herzustellen. Ähnlich wie Ives in seinem „Kolorimeter“³⁾ erzeuge ich diese Grundfarben durch entsprechende Filterung des Lichtes einer gewöhnlichen elektrischen Wolframdraht-Glühlampe. Die Anordnung ist dabei so getroffen, daß durch diese Lampe drei gleich große Mattscheiben gleichmäßig erleuchtet werden, denen dann die Filter in den drei Grundfarben Rot, Grün und Blau vorgesetzt werden. Diese Farbfilter werden nun so justiert, daß die drei farbig leuchtenden Flächen optisch-physiologisch genau gleich hell erscheinen. Voraussetzung für die Erfüllung dieser Bedingung ist zunächst die Festsetzung und genaue Einhaltung einer bestimmten Fadentemperatur der Glühlampe, so daß die Energieverteilung der Strahlung über den Wellenlängenbereich nach dem Wien-Planckschen Gesetz bekannt ist. Ich verwende in meiner „Farbenausgleichsvorrichtung“ (D. R. P. Nr. 301 185) eine Wolfram-Drahtlampe üblicher Bauart mit einem Energieverbrauch von 1,1 Watt pro Hefnerkerze, was nach den Untersuchungen von Pirani und Meyer einer wahren Fadentemperatur von etwa 2070° C entsprechen dürfte⁴⁾. Nach dem Vorgange von Eisler, Nutting, Ives und Pirani und Miething⁵⁾ ist es nun ohne weiteres möglich,

durch eine Kombination der Energieverteilungskurve nach dem Wien-Planckschen Gesetz mit der „Sehfähigkeitskurve“ die sogenannte optisch-physiologische „Wirksamkeitskurve“ zu erhalten, deren Integralwert über den sichtbaren Wellenlängenbereich ein Maß für die für das Auge wirksame Lichtmenge ergibt. Kombiniert man nun weiter mit dieser „Wirksamkeitskurve“ noch die „Lichtdurchlässigkeitskurve“ der einzelnen Farbfilter, so müssen die drei so entstehenden „Wirksamkeitskurven des gefilterten Lichtes“ offenbar gleich große Integralwerte ergeben, wenn die obige Bedingung gleicher optisch-physiologischer Helligkeit erfüllt sein soll. Für die photometrische Praxis sehr gut brauchbar sind, wie bereits Bloch erwähnt hat⁶⁾, die bekannten Farbgläser der Firma Schott und Genossen, Jena, wie sie für die Zwecke der Farbenphotographie verwendet werden. Fig. 1 zeigt schematisch die „Wirksamkeitskurven“ des gefilterten Lichtes unter Ver-

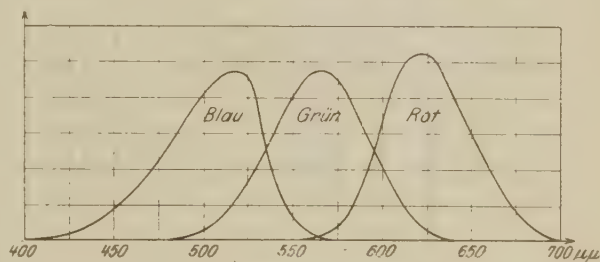


Fig. 1. „Wirksamkeitskurven“ des gefilterten Lichtes.

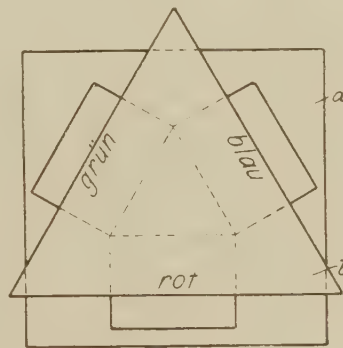


Fig. 2. Einstellbare Blende zur Veränderung des aus drei Grundfarben gemischten Farbtones.

wendung der eben genannten Farbfilter, und zwar in einer Anordnung, wie sie für die praktische Verwendung in Frage kommt, wobei also die drei Integralwerte gleich groß sind.

Die optische Synthese erfolgt in einfachster Weise dadurch, daß die drei von den leuchtenden Flächen ausgehenden Lichtströme gemeinsam eine weitere Mattscheibe treffen, die nun ihrerseits in einem Farbenton leuchtet, der dem Gemisch aus den drei Grundfarben entspricht. Zur Veränderung dieses Farbtones sind einstellbare Blenden vorgesehen, die mechanisch so miteinander verbunden sind, daß die Summe der drei leuchtenden Flächen und somit die Gesamtlichtstärke konstant bleibt.

⁶⁾ ETZ. 1903, S. 1306.

³⁾ Transactions of the Illum. Eng. Soc. 1915, S. 316.

⁴⁾ Pirani und Meyer, Verh. d. D. Phys. Ges. XIV, 1912, S. 681.

⁵⁾ Eisler, Elektrotechn. Zeitschr. 25, 188, 1904; Nutting, Bulletin Bureau of Standards 6, 337, 1910; Ives, Transactions Ill. Eng. Soc. 5, 113, 1910; Pirani und Miething, Verh. d. D. Phys. Ges. 17, 219, 1915.

Eine sehr einfache konstruktive Lösung dieser Aufgabe ist in Fig. 2 schematisch angedeutet. Der Deckel *a* eines innen mattweiß gestrichenen Kastens, der die Wolframlampe enthält, ist mit drei im Winkel von 120° gegeneinander versetzt angeordneten rechteckigen Öffnungen versehen, die durch Mattscheiben und Farbfilter verschlossen sind. Davor befindet sich eine gemeinsame Blende *b* in Form eines gleichseitigen Dreiecks von solcher Größe, daß sie in der gezeichneten Symmetriestellung von jeder der drei leuchtenden Flächen gerade zwei Drittel verdeckt. Wenn man nun die dreieckige Blende so bewegt, daß ihre Seitenkanten sich parallel verschieben, so erkennt man leicht, daß dabei die Summe der drei unbedeckten Teile der Lichtöffnungen stets unverändert bleibt.

In bezug auf weitere Einzelheiten der praktischen Ausführung, insbesondere die Justierung der Farbfilter, muß ich auf meine Veröffentlichung an anderer Stelle⁷⁾ verweisen, ich will hier nur noch erwähnen, daß es sich in der praktischen Photometrie ja in der Regel nicht um die Messung ausgesprochen farbiger Lichtquellen handelt, sondern solcher, deren Lichtfarbe nur verhältnismäßig wenig von derjenigen des ungefilterten Lichtes der Vergleichslampe abweicht. In diesem Falle ist es zweckmäßig, dem gefilterten Licht einen mehr oder weniger großen Teil *ungefilterten Lichtes hinzuzumischen*. Man gewinnt dadurch den Vorteil, mit einer wesentlich schwächeren Lichtquelle auszukommen, da die Absorptionsverluste in den Filtern nicht mit dem vollen Betrage in Rechnung zu setzen sind.

Eine weitere, sehr bedeutende Vereinfachung der ganzen Anordnung wird dann möglich, wenn man sich auf die Messung ganz bestimmter Arten von Lampen beschränkt, und gerade dieser Fall liegt in der praktischen Photometrie besonders häufig vor. Von wenigen Ausnahmen abgesehen sind alle unsere künstlichen Lichtquellen in der Hauptsache als *reine Temperaturstrahler* anzusehen, für die also das Wien-Plancksche Gesetz mit genügender Annäherung gilt. Die Verschiedenheiten des ausgestrahlten Lichtes liegen somit in erster Linie in der ungleichen Höhe der Glühlampentemperatur des strahlenden Körpers begründet und bestehen bekanntlich darin, daß mit zunehmender Temperatur die Menge der kurzwelligen Strahlen im Verhältnis zu derjenigen der langwelligen anwächst. Die Lichtfarbe ändert sich daher mit steigender Temperatur in der Weise, daß *die Menge des grünen und blauen Lichtes zunimmt*, während diejenige des roten Lichtes verhältnismäßig abnimmt.

Daraus ergab sich die Möglichkeit, für diesen Fall mit nur *zwei Farbfiltern* auszukommen, einem roten und einem blaugrünen. In der Tat gelang es, auf diese Weise eine äußerst einfache Einrichtung zu schaffen, die für die Photometrierung der meisten künstlichen Lichtquellen eine

absolut sichere und bequeme Einstellung des Vergleichsbildes ermöglicht. Die „Farbausgleichvorrichtung“ (Fig. 3) besteht in diesem Falle lediglich aus einem Rahmen *a*, in den die beiden Farbfilter nebeneinander eingesetzt sind, jedoch so, daß sie zwischen sich einen Spalt freilassen, durch den ein Teil des Lichtes der Vergleichslampe ungefiltert austritt. Durch eine Schraubspindel *b* kann der Rahmen vor der von der Vergleichslampe erleuchteten Mattscheibe so verschoben werden, daß die Summe der leuchtenden Flächenstreifen und damit die Lichtstärke der Gesamtstrahlung konstant bleibt. Durch Drehen der Schraubspindel ist man auf diese Weise in wenigen Sekunden imstande, das Vergleichsbild so zu verändern, daß kein Farbenunterschied mehr erkennbar ist.

Zu erwähnen ist noch, daß für den Fall der Messung reiner Temperaturstrahler die beschriebene Vorrichtung auch zur Kontrolle der Temperatur des Strahlers benutzt werden kann.

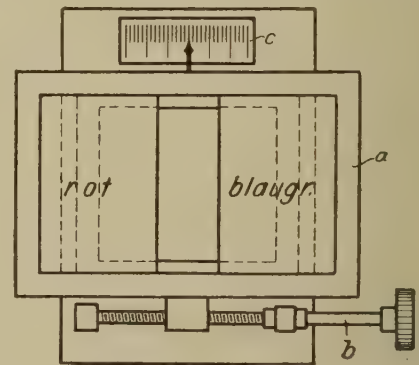


Fig. 3. Zur Veränderung des aus zwei Grundfarben gemischten Farbtones.

Da die Lichtfarbe eine eindeutige Funktion der Temperatur ist und für jeden Farbton der Rahmen *a* (Fig. 3) in ganz bestimmter Weise eingestellt werden muß, um Farbgleichheit zu erreichen, so kann man eine Meßskala *c* vorsehen, welche die Rahmenverschiebung anzeigt und gegebenenfalls direkt in Temperaturgraden geeicht werden kann. Da ferner bei elektrischen Glühlampen die „Ökonomie“, das ist der Energieverbrauch in Watt pro Hefnerkerze bei einer bestimmten Lampensorte allein von der Fadentemperatur abhängig ist, ist es auch möglich, diese Skala so anzuordnen, daß direkt die Ökonomie abgelesen werden kann.

Praktisch angewendet wird die beschriebene Vorrichtung zunächst bei dem von der Firma Siemens & Halske hergestellten Kugelphotometer für Betriebsmessungen an elektrischen Glühlampen, über das ich an anderer Stelle ausführlich berichtet habe⁸⁾, jedoch ist die neue Meßmethode natürlich für jede Art von photometrischen Messungen anwendbar und von Vorteil, soweit irgendwelche Farbunterschiede zwischen den zu vergleichenden Lichtquellen vorhanden sind.

⁷⁾ Zeitschrift für Beleuchtungswesen usw.

⁸⁾ ETZ. 1917, Heft 14 und Heft 49.

Bei dem erwähnten Glühlampenphotometer, dessen wesentliche Teile in Fig. 4 dargestellt sind, wird der Rahmen *a* (Fig. 3), der die Farbfilter enthält, mit Hilfe einer Schraubenspindel verschoben, die einen mit dem Zeiger *e* versehenen Drehknopf *d* trägt. Die Steigung der Schraube ist so bemessen, daß eine volle Drehung ausreicht, um den Rahmen von der einen in die andere Grenzstellung zu bewegen. Infolgedessen kann die Rahmenverschiebung direkt an der Skala *f* abgelesen werden.

Von der aus Zinkblech hergestellten, innen mattweiß gestrichenen Hohlkugel von 1,5 m Durchmesser, in deren Inneres die zu messende Lampe gebracht wird, ist in Fig. 4 nur ein Teil



Fig. 4. Kugelphotometer für Betriebsmessungen an elektrischen Glühlampen.

sichtbar. Die Vergleichslampe, eine gewöhnliche Wolfram-Drahtlampe, befindet sich im Inneren des zylindrischen Behälters *a* und beleuchtet zunächst eine Mattscheibe, die in dem sich auf der linken Seite anschließenden viereckigen Kasten angebracht ist. Das von dieser Mattscheibe ausgehende und durch die verschiebbaren Filter in der Farbe veränderliche Licht wird nun in dem sich anschließenden länglichen, innen ebenfalls weiß gestrichenen Tubus weitergeleitet zu einer Mattscheibe, deren Helligkeit durch eine verstellbare Blende regelbar ist. Die Messung erfolgt nun in der Weise, daß man diese Blende so weit verstellt, bis die Helligkeit der von der Vergleichs-

lampe erleuchteten Mattscheibe gleich der Helligkeit derjenigen wird, die das Kugellinnere abschließt und somit von der zu messenden Lampe Licht erhält. Die Einstellung auf gleiche Helligkeit erfolgt mittels eines Lummer-Brodhunschen Würfels, der durch das Okular *g* beobachtet wird. Die regelbare Blende, die durch einen in der Abbildung nicht sichtbaren Drehknopf betätigt wird, ist mit einem Doppelzeiger *h* versehen, der auf der Skala *i* spielt, an der man somit bei entsprechender Eichung die mittlere räumliche Lichtstärke der zu messenden Lampe unmittelbar ablesen kann.

Die größten Farbenunterschiede, die bei den praktisch verwendbaren elektrischen Glühlampen vorkommen, sind gegeben einerseits durch eine mit wesentlich verringerter Spannung, also entsprechend niedriger Temperatur brennenden Kohlefadenlampe und andererseits durch eine mit erhitzter Spannung betriebene sogenannte Halbwattlampe. Die Filter sind nun so abgestimmt, daß durch Drehung des Knopfes *d* in wenigen Sekunden in diesen Grenzen auf jede beliebige Lichtfarbe eingestellt werden kann. Um die Temperatur des Glühfadens oder die „Ökonomie“ an der Skala *f* ablesen zu können, muß diese für eine bestimmte Lampenart vorher empirisch geeicht werden.

Zur Beteiligung deutscher Gelehrter an der Ausbildung von Kampfmitteln.

In den Zeitungen der Entente und selbst auch in der neutralen Presse sind wiederholt Angriffe gegen deutsche Gelehrte erhoben worden, weil sie die kriegsrischen Maßnahmen ihrer Regierung unterstützt und insbesondere auch an, wie behauptet wird, völkerrechtswidrigen Maßnahmen durch ihre Beihilfe sich indirekt beteiligt hätten, letzteres speziell, was die Ausbildung des sogenannten Gaskampfes betrifft.

Durch einseitige Information in der feindlichen und neutralen Presse sind hierüber im neutralen Ausland vielfach unrichtige Auffassungen entstanden. Die Gelehrten hatten, wie jeder andere Bürger, naturgemäß gleichfalls die Verpflichtung, ihrem Vaterlande zu helfen und all ihr Können, wie geschehen, selbstlos einzusetzen.

1. Allgemeines über den Gaskampf.

Der Umstand, daß die deutschen Chemiker besonders wegen ihrer Beteiligung bei der Ausbildung des Gaskampfes angegriffen werden, ist psychologisch leicht zu verstehen. Es ist eine allgemeine Erfahrung, daß jedes neue Mittel der Kriegführung infolge der besonderen Eigenarten, die es mit sich bringt, auch als eine neue Grausamkeit empfunden wird. An die schrecklichen Verwundungen, die die modernen Sprenggranaten hervorrufen, war man gewöhnt; die Leiden der Gaskranken, obwohl im allgemeinen nicht damit zu vergleichen, wurden als eine neue Begleiterscheinung des Krieges als grausam und unmenschlich hingestellt.

„Vom humanen Standpunkt ist es nicht grausamer, die Feinde mit giftigen Gasen zu ersticken als sie im Wasser mit Hilfe von Torpedos zu eräufen; jedes neue Kriegsmittel hat man immer zunächst als barbarisch bezeichnet und schließlich allgemein angenommen.“

Die vorstehenden Bemerkungen werden bei den Gegnern des Gaskampfes lebhaften Protest hervorrufen, und es sei daher gleich hinzugefügt, daß sie nicht etwa vom Autor dieses Artikels, sondern von dem Vertreter der amerikanischen Regierung auf der Haager internationalen Konferenz im Jahre 1899, dem Admiral Mahan, stammen, wie denn bis auf den heutigen Tag die Vereinigten Staaten unter keinerlei Bestimmungen ihre Unterschrift gesetzt haben, die den Gaskampf einzuschränken oder zu verbieten geeignet waren.

Zweifellos kann man sagen, wäre 1914 der Gaskampf ein allgemein benutztes Kampfmittel gewesen, und hätten die deutschen Gelehrten während des Krieges neben den Gasgranaten die Lydditsprenggeschosse eingeführt, so würde die Entrüstung über diese Schandtat bei der Entente und bei so manchem Neutralen noch ungleich größer gewesen sein.

2. Vorgeschichte des Gaskampfes.

Übrigens ist der Gaskampf keineswegs eine so neue bössartige Erfindung, wie die feindliche Presse fortwährend behauptet hat. Eingehende, aber technisch unvollkommene Vorschläge, um den durch Bollwerke verdeckten Feind mit Hilfe von Giftschwaden (Arsenikdämpfen und dergleichen) unschädlich zu machen, beschreibt bekanntlich bereits *Lionardo da Vinci*, ohne daß man ihn deshalb zu einem Auswurf der Menschheit gestempelt hätte. Einen eingehend durchgearbeiteten Vorschlag¹⁾ hat während des Krimkrieges der Admiral Lord Graf von Dundonald, einer der berühmtesten englischen Seehelden, aufgestellt, dahingehend, Sebastopol mit Hilfe einer Gaswolke, erzeugt durch verbrannten Schwefel, zu nehmen. Dieser Plan wurde nicht etwa a limine abgewiesen, sondern sorgfältig erwogen, schließlich aber abgelehnt, wobei es dahingestellt bleiben mag, ob humanitäre Rücksichten bei der Ablehnung des, wie wir heute wissen, technisch recht unvollkommenen Projektes eine maßgebende Rolle gespielt haben.

Diejenige Macht, die sich zuerst erfolgreich mit der Ausbildung eines Gaskampfmittels beschäftigt hat, ist, soweit bis jetzt bekannt, Frankreich gewesen; bereits vor dem Kriege trat nämlich in der französischen Armee eine sogenannte Gewehrsgasgranate in Aktion, die bei dem wohlbekannten Angriff auf die Bonnetsche Apachenbande in Choisy-le-Roy benutzt wurde; dies uns heute wohlbekannte Geschöß enthielt Bromessigäther, eine Flüssigkeit, die in feinverteilter Form zerstäubt durch die stark tränenerregende und die Atmungsorgane stark ätzende Wirkung den Aufenthalt in Schützengraben und Unterständen unmöglich macht. Es steht auch fest, daß diese Waffe, ebenso wie eine ähnlich konstruierte Handgranate, bereits Anfang 1915, wenn nicht früher, gegen das deutsche Heer zur Verwendung gelangte. Da aber damals den Franzosen offenbar nur sehr beschränkte Mengen des erwähnten Präparates zur Verfügung standen, so war der praktische Erfolg gering und die Öffentlichkeit hat davon bisher kaum erfahren. Auf die Bemühungen des bekannten Sprengstofftechnikern *Turpin* betreffs der Verwendung von Giftgasen, die gleichfalls vor die Zeit von 1914 fallen, wird weiter unten noch hingewiesen werden.

Jedenfalls lehren die in diesem Abschnitte mitgeteilten Tatsachen, die sich noch nach vielen Richtun-

gen erweitern ließen, daß Gaskampfmittel bereits vor dem Kriege vielfach bearbeitet worden sind.

3. Gaskampf und Völkerrecht.

Gegen diejenigen, die in Deutschland an der Ausbildung des Gaskampfes mitgewirkt haben — von einer Erfindung des Gaskampfes in Deutschland kann nach den vorstehenden Mitteilungen nicht mehr gesprochen werden —, wird vielfach der Vorwurf erhoben, daß sie durch ihre Mitarbeit sich einer Verletzung des Völkerrechts schuldig gemacht hätten.

Allgemein ist hierzu zu bemerken, daß die Aufgabe des Gelehrten völlig zu trennen ist von der Verwendung der durch seine wissenschaftliche Forschung erzielten Ergebnisse und von der Frage, ob diese Verwendung völkerrechtlichen Grundsätzen entspricht.

Es würde deshalb den Rahmen dieses Artikels weit überschreiten, wenn die völkerrechtliche Frage hier eingehend erörtert oder gar entschieden werden sollte. Aber folgende Tatsachen seien hervorgehoben. Auf der Haager Konferenz vom Jahre 1899 war beantragt, Geschosse zu verbieten, deren einziger Zweck ist, „erstickende oder giftige Gase zu verbreiten“. England und Nordamerika widersprachen damals, erst auf der Konferenz von 1907 gab England nach, während die Vereinigten Staaten auf ihrem Widerspruche beharrten.

Übrigens ist die erwähnte Klausel offenbar mit Absicht so unbestimmt gefaßt, daß ernstliche Zweifel im gegebenen Falle auftreten, ob ein Kampfmittel darunter fällt oder nicht. Im Grunde genommen ist nämlich jede moderne Granate zugleich ein unter Umständen sehr wirksames Gasgeschöß; die Füllung der Granate (Pikrinsäure, Trinitrotoluol oder dergleichen) liefert bei der Detonation sehr erhebliche Mengen von Kohlenoxyd und auch Stickoxyd, zwei Gasen von starker Giftwirkung. Die Zahl der dadurch veranlaßten Todesfälle, besonders in geschlossenen Räumen, ist während des Krieges gewaltig groß gewesen. Da es nun nicht in der Absicht der Haager Konferenz lag, in Zukunft diese Gaswirkungen und damit die stärksten Sprengstoffe auszuschließen, so war eine sachgemäße juristische Formulierung des Verbotes von giftigen Gasen verbreitenden Geschossen von vornherein eine kaum lösbare Aufgabe.

Geschosse, die nach dem Muster der französischen Gewehrgranaten konstruiert und wegen ihrer Größe ungleich wirksamer gewesen sind, wurden ungefähr gleichzeitig von der deutschen Kriegführung in großem Umfange und mit unleugbarem Erfolge verwendet. Dieselben enthielten aber im Gegensatz zu der erwähnten französischen Gewehrgranate stets eine *sehr beträchtliche* Sprengladung und übten daher gleichzeitig eine starke Splitterwirkung aus, können also unmöglich als Geschosse bezeichnet werden, „deren einziger Zweck es ist, erstickende oder giftige Gase zu verbreiten“. Erst im Frühjahr 1916 wurden von französischer Seite Geschosse verwendet, die eine so schwache Sprengladung besaßen, daß sie von unserer Truppe von Blindgängern nicht unterschieden werden konnten.

Die Haager Konferenz hat ferner die Anwendung von Giften und giftigen Waffen verboten. Aus dem ganzen Zusammenhang ist klar, daß es sich hier um Brunnenvergiftungen und derartiges handelt, nicht um das Ausräuchern des Feindes mit Stinktöpfen, Feuerwerksätzen und dergleichen, wie es früher üblich war und wie es in diesem Kriege in Gestalt der Chlorwolken in technisch stark vergrößertem und daher ungleich wirksamerem Maßstabe zuerst von deutscher

¹⁾ Vgl. hierüber den interessanten Artikel von *Clarence J. West* (Chemical Warfare Service) in der „Science“ vom 2. Mai 1919.

Seite, später auch vom Gegner in Anwendung gebracht ist.

4. Ausbildung des deutschen Gaskampfes

Bei Beginn des Weltkrieges hatte Deutschland im Gegensatz zu Frankreich keinerlei Gaskampfmittel ausgebildet; die Gefahr lag nahe, daß Frankreich den gewonnenen Vorsprung ausnützen werde; ein am 28. September 1914 in der italienischen Zeitung „La Tribuna“ erschienener Aufsatz, wonach *Turpin* Gasbomben von unerhört weitgehender, tödlicher Wirkung erfunden haben solle, dürfte die leitenden militärischen Stellen in dieser Auffassung bestärkt haben. Hervorzuheben ist übrigens, daß weder die „Tribuna“ noch eine englische oder französische Zeitung vor der Benutzung der *Turpinschen* Erfindung, die vermutlich auf der Verwendung des höchst giftigen Stickoxydes beruhte, gewarnt hat. Jedenfalls war die deutsche Oberste Heeresleitung und das deutsche Kriegsministerium auf Grund der erwähnten drohenden Anzeichen verpflichtet, den Gaskampfmitteln ihre volle Aufmerksamkeit zuzuwenden, und als in diesem Sinne eine Aufforderung an deutsche Chemiker erging, waren diese natürlich nicht minder gehalten, in dem angeregten Sinne zu arbeiten; hätten sie unter Berufung auf ein vermeintliches Verbot des Völkerrechts abgelehnt, so hätten sie sich mit Recht dem Vorwurf ausgesetzt, aus Gründen, die sie nichts angehen und die sie nicht beurteilen können, sich ihrer patriotischen Pflicht entzogen zu haben. Hinzu kommt, daß nach den Bestimmungen der Haager Konvention die Beschränkungen immer unter der Voraussetzung der Gegenseitigkeit in Wirksamkeit sind. Kam durch eine gewiß nicht deutschfreundliche Tageszeitung die unwidersprochene Nachricht, daß die Gegner unter Führung eines bekannten Fachmannes den Gaskampf in großem Stile vorbereiten, so mußte die deutsche Wissenschaft alles tun, um ihrerseits die Abwehr dieses Angriffes vorzubereiten. Sie konnte mit ihren Versuchen nicht warten, bis die Richtigkeit der Nachrichten durch Anwendung der Mittel bestätigt wurde; wer angesichts dieser Sachlage seine Kraft dem Vaterlande zur Verfügung stellte, kann niemals unmoralisch gehandelt haben, gleichgültig in welcher Form das Heer von den Ergebnissen seiner Forschung Gebrauch machte und welche Folgen daraus entstanden sind. Unsere Gegner zögerten hierauf nicht, auch ihrerseits nunmehr den Gaskampf in größtem Maßstabe zu organisieren.

5. Die Zukunft des Gaskrieges.

Wenn wirklich Deutschland auf dem Gebiete des Gaskampfes sich an der Menschlichkeit versündigt haben sollte, so müßte man doch erwarten, daß nunmehr alle zivilisierten Völker einstimmig in der Abschaffung der Gaskampfmittel sein müßten. Davon ist nun gar keine Rede. Es ist schon oben betont, daß Nordamerika in der Verwendung giftiger Gase nie sich eine Beschränkung hat auferlegen lassen. Aber zahlreiche Anzeichen deuten darauf hin, daß auch die anderen kriegführenden Mächte keineswegs gesonnen sind, in Zukunft die Gasgeschosse aus der Reihe ihrer Kampfmittel zu streichen. Sehr charakteristisch sind die Ausführungen des englischen Professors *A. Smithells*¹⁾ von der Universität Leeds, eines Forschers, der, wenn wir recht berichtet sind, an der Ausarbeitung des Gaskampfes sich eingehend be-

teiligt hat; *Smithells* äußert sich nämlich dahin, daß, wenn es wieder Kriege geben würde, höchstwahrscheinlich auch der Gaskampf wieder eine Rolle spielen würde. „Man habe die Verwendung von Giftgasen als Kampfmittel grausam und unnatürlich genannt, unzweifelhaft sei dies auch im Anfang so gewesen. Aber man müsse bedenken, daß man jede neue Methode der Kriegführung, auch die Einführung des Schießpulvers, als grausam bezeichnet habe. Nachdem man aber einmal mit diesem Kriegsmittel bekannt geworden sei, habe es seine Schrecken verloren.“ Er erklärt es ferner für unmöglich, daß England jemals in Zukunft auf die Verwendung von Giftgasen werde verzichten können.

Mit anderen Worten, die technische Entwicklung der Kriegskunst ist genau den Weg gegangen, den Admiral *Mahan* (vergl. oben S. 793) mit prophetischem Blicke vorausgesagt hatte. Nicht eine einzelne Nation oder gar eine einzelne Persönlichkeit, sondern die lange Dauer des Weltkrieges und der Umstand, daß der Stellungskrieg zu früher ungeahnter Vollendung ausgebildet wurde, trägt die Schuld an dieser Entwicklung. Dem Philantropen bleibt nur die Hoffnung übrig, daß, nachdem die so zahlreichen Schrecken eines großen modernen Krieges durch die Ausbildung der Gaswaffen um einen neuen vermehrt sind und nachdem andererseits durch die in Zukunft notwendige Beschaffung der Gasschutzmittel die Vorbereitungen für einen neuen Kampf eine weitere Erschwerung erfahren haben, die Menschheit es sich in Zukunft um so mehr überlegen wird, die furchtbaren Folgen eines neuen Riesenkampfes auf sich zu nehmen.

A. Berliner, Berlin.

Besprechungen.

Uibe, Martin, Über die Helligkeitsverteilung des diffusen Sonnenlichts am klaren Himmel. Abhandl. der math.-phys. Klasse der Sächsischen Gesellschaft der Wiss. 35, VI, 319—367. Leipzig, B. G. Teubner, 1918. Preis M. 2.40.

Die Helligkeitsverteilung des diffusen Sonnenlichtes am klaren Himmel verdient wegen ihrer engen Beziehung zu den atmosphärischen Polarisationserscheinungen, wegen ihrer Bedeutung für gewisse aktuelle Aufgaben der Astronomie usw. ein besonderes Interesse. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß Herr *Martin Uibe*, Mitglied der Teneriffaexpedition unter Leitung *Dembers*, sie einer erneuten Untersuchung unterzogen hat, deren Wert besonders darin besteht, daß sie unter den hervorragend günstigen klimatischen und geographischen Verhältnissen von Teneriffa ausgeführt wurde. Beobachtet wurde im Sommer 1914, abgesehen von einigen Vorbereitungsmessungen auf der Alta Vista, auf der äußersten Spitze des Pico de Teide (3700 m), und im Sommer 1916 in dem Städtchen Güímar (300 m). Die maximale Sonnenhöhe beträgt für Teneriffa 85°, es konnten also die Erscheinungen für praktisch alle Sonnenhöhen untersucht werden. Die Messungen wurden im unzerlegten Licht mittels eines O. Wienerschen Photometers zur Bestimmung der Himmels-helligkeit ausgeführt, in dem die ursprünglich vorgesehenen Meßkeile durch ein Flüssigkeitsgefäß mit meßbar veränderlicher Dicke der vom Licht durchlaufenen Flüssigkeitsschicht ersetzt waren. Die ursprüngliche Form des Instrumentes ist in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 22, 55, 1912 von *Heraheimer* beschrieben. Die benutzte Flüssigkeit war eine neutralgräue Lösung von

¹⁾ Vgl. Zeitschr. f. angewandte Chem. Nr. 41 vom 23. Mai 1919, S. 331.

Anilinfarbstoffen nach Angabe von *E. Goldberg* in der Zeitschrift für wissensch. Photographie 10, 238, 1912. Die Anwendung solcher Flüssigkeitsschichten hat vor Glaskleilen und Neutralgläsern den Vorteil vollkommener Farblosigkeit, und die Vorrichtung ermöglichte ferner ein schnelleres Arbeiten als mit den Glaskleilen, was mit Rücksicht auf die Bewegung der Sonne von Wert war.

Die Eichung der Flüssigkeitsschichten erfolgte merkwürdigerweise auf lichtelektrischem Wege, trotzdem die Messungen am Himmel mit dem Auge ausgeführt wurden. Überdies wurde in einer der beiden Eichungsreihen (1914 und 1916) statt des blauen Himmels eine A. E. G.-Nitalampe als Lichtquelle benutzt. Die beiden Reihen sind aber nicht miteinander vergleichbar, da die Flüssigkeit nicht die gleiche war. Hieraus müssen sich erhebliche Bedenken gegen die Skala der gemessenen Helligkeiten ergeben. Über die Genauigkeit der Messungen der Himmelshelligkeit, soweit sie von den zufälligen Beobachtungsfehlern abhängt, fehlt eine präzise Angabe; man kann sich aber leicht eine Vorstellung von derselben verschaffen, da eine Anzahl von Doppelbestimmungen derselben Helligkeiten mitgeteilt ist. Aus diesen ergibt sich der mittlere Fehler einer Helligkeitsbestimmung zu $\pm 3,7\%$.

Die Beobachtungsergebnisse sind leider nicht numerisch und in extenso gegeben, sondern nur graphisch und für zwei ausgewählte Tage, einen für die Pikmessungen von 1914 und einen für die Gülmarmessungen von 1916. Eine Vergleichung der Ergebnisse verschiedener Tage wäre von Interesse gewesen. In den graphischen Darstellungen der Einzelreihen ist das Argument die Azimutdifferenz α gegen das Sonnenazimut bei innerhalb jeder Reihe konstant gehaltener Zenitdistanz ζ ; oder umgekehrt die Zenitdistanz ζ bei konstant gehaltenem Azimut. Die Sonnenhöhen waren für die verschiedenen Reihen auf dem Pik 0° , 17° , 35° und $67,5^\circ$, für die Reihen in Güfmar $3,5^\circ$, 20° , 35° , $56,5^\circ$, $74,5^\circ$, 84° a. m. und $71,5^\circ$, $54,5^\circ$, $35,3^\circ$, 23° , $2,5^\circ$ p. m. An zwei Tagen im Sommer 1916 wurde zu Güfmar der Verlauf der Helligkeit im Sonnenvertikal für verschiedene Sonnenhöhen bestimmt.

Aus den Messungsergebnissen wurde graphisch der Verlauf der Kurven gleicher Helligkeit für den ganzen Himmel ermittelt, deren Darstellung für die Pikmessungen vom 3. September 1914 und für die Sonnenhöhen 0° , 17° , 35° , $67,5^\circ$, ebenso für die Güfmar-messungen vom 22. Juni 1916 und für die Sonnenhöhen $3,5^\circ$, 35° , $74,5^\circ$, 84° gegeben ist. Die Sonnenhöhe wurde innerhalb einer Reihe als konstant betrachtet. Dies war erlaubt, da die Vergleichung der Helligkeit von 50 verschiedenen Stellen des Himmels mit der Helligkeit im Zenit, woraus je eine Reihe bestand, nicht mehr als 12–16 Minuten beanspruchte. Die Azimutänderung der Sonne wurde, wo nötig, berücksichtigt.

Über das Aussehen des Himmels wird gesagt, daß auf dem Pik der Himmel im Zenit tiefdunkel erschien und nur in den größten Zenitdistanzen weißlich, daß er dagegen in Güfmar dem Himmel eines schönen klaren Sommertages in Mitteldeutschland glich. Zwischen den Beobachtungsergebnissen auf den beiden Stationen bestehen Unterschiede, welche von der größeren Freiheit der Luft von größeren Teilchen auf dem Pik herrühren. Aber auch der Pikhimmel war noch kein reiner Rayleighscher Himmel, wie er bei ausschließlicher Anwesenheit von Teilchen sein würde, die im Vergleich zu den Wellenlängen des Lichtes klein sind. Die Unterschiede zeigen sich sowohl in dem Ver-

hältnis der Helligkeitsextreme wie in der Art der Helligkeitsverteilung.

Die Beobachtungsergebnisse sind im wesentlichen folgende. Die von den älteren Beobachtern (*Brennand*, *Chr. Wiener*, *Weber*, *Schramm*, *Q. Wiener*, *Herzheimer*) gefundene Helligkeitsverteilung wird im großen ganzen bestätigt. *Brennands* Konstanz der Helligkeit längs des um 90° vom Sonnenvertikal abstehenden Vertikals ist nicht vorhanden, wenngleich auf demselben die Helligkeitsänderung bei klarer Luft geringer ist als auf jedem anderen Vertikal. Das Minimum der Helligkeit am Himmel (im Sonnenvertikal) liegt zwischen 80° und 90° von der Sonne entfernt, wenn letztere im Horizont, dagegen nur 56° , wenn sie nahe dem Zenit steht. Das Verhältnis der extremen Helligkeiten ist bei den verschiedenen Beobachtern außerordentlich verschieden, z. B. bei *Weber* in Kiel 6,6 : 1, bei *Uibe* auf dem Pik 830 : 1, in Güfmar 50 : 1. Je weniger rein der Himmel, desto mehr werden die Unterschiede ausgeglichen. Die relativen Helligkeiten sind aber auch am gleichen Beobachtungsort von Tag zu Tag sehr verschieden — selbstverständlich werden nur Beobachtungen bei anscheinend klarem Himmel vorausgesetzt. Steht die Sonne nahe dem Zenit, so sind die Kurven gleicher Helligkeit am Himmel nahezu Horizontalkreise; längs der Vertikalkreise ist die größte Helligkeit in der Nähe der Sonne, die kleinste etwa 60° von der Sonne entfernt. Gegen den Horizont hin wächst die Helligkeit wieder an. Bei Sonnenhöhen zwischen 0° und 90° sind die Kurven gleicher Helligkeit komplizierter, aber stets, abgesehen von lokalen Störungen durch Dunst, symmetrisch zum Sonnenvertikal. Je reiner der Himmel, desto größer die Extreme, desto steiler der Anstieg der Helligkeit in unmittelbarer Sonnennähe und desto näher der Beginn des steilen Anstieges an der Sonne.

Die Vergleichung der Beobachtungsergebnisse mit der theoretischen Helligkeitsverteilung nach *Chr. Wiener* (Nova Acta, Abh. der Kaiserl. Leop. Carol. Deutschen Akad. der Naturf. 73, 1900 und 91, 1909) ergibt im großen ganzen eine gute qualitative Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Theorie. Eine quantitative Übereinstimmung kann nicht erwartet werden, da *Wieners* Theorie numerisch den atmosphärischen Verhältnissen Mitteleuropas angepaßt ist. Am schlechtesten, auch qualitativ, ist die Übereinstimmung für sehr kleine Sonnenhöhen, dagegen recht gut für die Sonnenhöhen 35° und 84° . Die Unterschiede werden im wesentlichen durch die stärkere Dunstschicht der mitteleuropäischen Atmosphäre verursacht. Jedenfalls erkennt man, daß die *Chr. Wienersche* Theorie die beobachteten normalen Erscheinungen im wesentlichen zu erklären vermag.

P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.

Stettbacher, H., Die Schieß- und Sprengstoffe. Leipzig, Joh. Ambr. Barth., 1919. IX, 326 S. und 141 Abb. Preis geh. M. 32,—, geb. M. 35,—.

Nachdem 5 Jahre lang während des unheilvollen Krieges die Explosivstoffe bestimmend auf die Geschichte der Menschheit eingewirkt haben, steht noch jetzt dieses Gebiet im Mittelpunkt allgemeinen Interesses. Das neue Werk von *Stettbacher* gibt ein klares Bild über das Wesen der Schieß- und Sprengstoffe und ihre technische Darstellung, Wirkung und Verwendung.

Nach einem einleitenden geschichtlichen Überblick über die wichtigsten Entdeckungen auf diesem Gebiet, in dem die geniale Erfindertätigkeit *Alfred Nobels* und ihr Einfluß auf den Fortschritt der Technik gebüh-

rende Würdigung findet, wird das Wesen und die Wirkung der Explosivstoffe behandelt. Ein Sprengstoff ist eine brennbare Masse, die den zu ihrer Verbrennung notwendigen Sauerstoff in sich gebunden enthält und sich lediglich in der Verbrennungsgeschwindigkeit von den Brennstoffen unterscheidet. Je schneller die oxydative Umsetzung ist, je mächtiger ist die zermalmende Wirkung. In der Geschwindigkeit der Umsetzung liegt der Unterschied zwischen Treibmitteln und Sprengstoffen. Bei Pulverarten beträgt die Umsetzungsgeschwindigkeit 100 bis 300 m pro Sekunde, während die der Sprengstoffe zwischen 2000 und 7500 m schwankt. Die Wirkung der Explosivstoffe gründet sich auf chemische Umsetzungsenergie. Verglichen mit Brennstoffen ist sie gering; so entspricht z. B. die Explosionsenergie einer Bombe mit 300 kg Sprengladung der, die bei der Verbrennung von 20 kg Benzol hervorgebracht wird. Die Umsetzungsmöglichkeit und -geschwindigkeit ist im chemischen Bau des Moleküls des Explosivstoffes begründet.

Das Charakteristikum eines Explosivstoffes ist, daß im Moment der Explosion in äußerst kurzer Zeit sich Gase bei hoher Temperatur bilden. Treibmittel sind Explosivstoffe geregelter und zu beeinflussender Verbrennungsgeschwindigkeit, brisante Sprengstoffe solche mit hoher Detonationsgeschwindigkeit. Die Art der Umsetzung wird wesentlich durch die Zündung beeinflusst. Die Schnelligkeit, mit der die explosive Zersetzung fortschreitet, gehört zu den wichtigsten Merkmalen eines Explosivstoffes und wird experimentell mit dem Funkenphonographen oder mittels detonierender Zündschnur gemessen. Sie ist abhängig von der Dichte des Sprengstoffs, der Festigkeit des Einschusses und dem Durchmesser der Sprengstoffsäule. Die Explosivwärme kann sowohl rechnerisch wie praktisch im Explosionskalorimeter ermittelt werden. Aus ihr läßt sich bei Kenntnis der Gaszusammensetzung die Explosionsstemperatur berechnen. Das Gasvolumen wird durch Auffangen und Messen der in der Kalorimeterbombe entbundenen Gasmenge bestimmt, der Druck nach den Gasgesetzen berechnet.

Nach den theoretischen Betrachtungen wird die praktische Darstellung der einzelnen Explosivstoffe und ihrer Kompositionen, dem heutigen Stande der Technik und Wissenschaft entsprechend, behandelt. Die Fabrikation des Schwarzpulvers, der Schießbaumwolle, des Nitroglycerins sowie der Dynamite und des rauchschwachen Pulvers wird eingehend beschrieben, wobei auf die Erzeugung der Rohstoffe und auf die Anforderungen an dieselben sowie auf die Prüfung der fertigen Explosivstoffe besonders Rücksicht genommen ist.

Das Kapitel „Pulver“ enthält viel Interessantes und Wissenswertes, da auf die hoch kräftigen Treibmittel, Ferngeschützpulver, und auf die Ausnutzung und das Verhalten des Pulvers beim Schuß sowie auf verschiedene Geschoßarten näher eingegangen wird.

Die militärisch wichtigen Nitrokörper Dinitrobenzol, Trinitrotoluol und Pikrinsäure, die im Weltkrieg so ungeheure Bedeutung gehabt und in gewaltigen Mengen hergestellt worden sind, als auch solche, die mehr wissenschaftliches Interesse besitzen, werden bezüglich ihrer Rohstoffe, Fabrikation, Reinigung, Eigenschaften, militärischen Anforderungen und Verwendung eingehend besprochen; desgleichen die Zündmittel Knallquecksilber, Azid und sonstige Initialsprengstoffe, die in geeigneten Mischungen als Sätze für Zündhütchen, Friktionszünder oder Sprengkapseln zur Auslösung der Energie der Explosivstoffe dienen.

Ist der Zweck der reinen Nitroverbindungen im wesentlichen die Zerstörung, so dienen dem Schaffen von Kulturwerten die Sicherheitssprengstoffe „Ammonsalpetersprengstoffe“, besonders in geeigneter Zusammensetzung als „schlagwetter sichere Sprengstoffe“, über deren Zusammensetzung und Prüfung auf Brauchbarkeit in schlagwetterführenden Gruben durch Flammenbilder und in der Versuchsstrecke Aufschluß gegeben wird. Auch die Chlorat- und Perchloratsprengstoffe sowie das Sprengluftverfahren, das im Kriege infolge wesentlicher Verbesserungen große Bedeutung gewonnen hat, werden eingehend beschrieben.

Die allgemeine praktische Prüfung der Sprengstoffe, Transportvorschriften, ihre Verwendung in Artillerie- und Sprenggeschossen, als Minen, Sprengbomben, Handgranaten, Fliegerbomben und Torpedos sowie in nutzbringender ziviler Sprengarbeit bildet den interessanten Schluß des Werkes, das nicht nur in der Fachwelt, sondern auch in allgemein gebildeten Kreisen Eingang zu finden verdient.

O. Poppenberg, Berlin-Charlottenburg.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Entstehung von Gewebsschäden nach Nervenverletzung. Normalerweise befindet sich die ringförmig gebaute Muskulatur der Blut- und Schlagadern (Arterien) in einem Zustand mittlerer Kontraktion. Dieses Gleichgewicht beruht auf der Wechselwirkung anatomisch und physiologisch differenter nervöser Elemente, deren Zentrum im verlängerten Mark liegt, der gefäßverengernden Nerven (Vasomotoren) und der gefäßerweiternden (Vasodilatoren). Die ersteren passieren das sogenannte sympathische Nervensystem und treten durch die vorderen Wurzeln aus dem Rückenmark aus, ihre Reizung verursacht Verengung, die Lähmung entsprechend Erweiterung des Gefäßrohres. Die letzteren dagegen bilden einen Bestandteil der hinteren Wurzeln. Beide zusammen gehen nach dem Verlassen des Rückenmarks in die peripheren gemischten — Empfindung und Bewegung vermittelnden — Nerven über. Beim Ausfall der Nervenleitung infolge Nervenverletzung oder nervöser Systemerkrankung oder unter experimentell erzeugten Bedingungen tritt in dem von den entsprechenden Nerven versorgten Gebiet bei längerem Einwirken äußerer Schädlichkeiten ein pathologischer Gewebszerfall ein — am häufigsten in der Form des lokalen Brandes oder auch von Druckgeschwüren. Versuche mit chemischer Reizung der Vasodilatoren am gefühllosen Glied durch Betupfen der Haut mit Senfölen haben nun ergeben, daß die lokale Gefäß Erweiterung bei frischer Nervenverletzung regelrecht weiter besteht, bei der älteren aber erloschen ist. Die Gefäßreaktion auf Senfölen ist auch nach Ausschaltung des Großhirns und des Rückenmarks nicht aufgehoben; sie bleibt nur aus, wenn die hinteren Wurzeln oder die peripheren Nervenstämmen längere Zeit durchtrennt waren. Der gefäßverengernde Kältereiz ist hingegen stets auch überall dort noch wirksam, wo der chemische erweiternde Reiz nicht mehr anspricht. Die Reaktionsfähigkeit der Gefäße auf die zusammenziehende Nebennierensubstanz (Adrenalin) bleibt dabei dauernd erhalten, auch wenn bei örtlicher Betäubung der Haut mit Novocain die chemischen und thermischen Reize unwirksam werden. Belanglos für die Reaktion der Gefäße ist die Aufhebung der Schmerzleitung und die Unterbrechung der Reflexe. Das erst allmählich einsetzende Ausbleiben der Gefäß Erweiterung

bei der Nervenverletzung muß auf sekundärer Entartung der entsprechenden Nervenbahnen beruhen (*Breslauer*, Die Pathogenese der trophischen Gewebeschäden nach der Nervenverletzung, Deutsche Ztschr. f. Chirurgie 1919, Bd. 150, Heft 1 u. 2). Aus den vorstehenden Versuchsergebnissen wird der hypothetische Schluß gezogen, daß der Gefäßverengerungsapparat erhalten bleibt und seine typische Reaktionsfähigkeit bewahrt, während die Vasodilatoren, die in einem in die hinteren Wurzeln eingeschalteten nervösen Zentrum (dem Spinalganglion) eine Basis von wesentlicher Bedeutung besitzen, der allmählichen Entartung anheimfallen, wenn sie von dieser Basis getrennt werden. Durch den Ausfall der aktiven Gefäßweiterung — des wichtigsten reparativen Vorgangs — verliert aber das Gewebe sein Schutzmittel gegenüber den alltäglichen Verletzungen. Hierauf beruht die Disposition zum Auftreten von Gewebszerfall und Infektion bei Nerven-schädigung.

Die operative Behandlung der Gelenkversteifungen.

Nach Verletzungen oder entzündlichen Erkrankungen von Gelenken und nach Knochenbrüchen ist eine länger-dauernde Ruhigstellung des Glieds erforderlich, die sehr häufig zu bindegewebiger oder knöcherner Verwachsung der Gelenkflächen führt. Die neueren Methoden — Lagerung des Glieds in Beugestellung mit Gewichtszügen (Semiflexion), funktionelle Behandlung, Bewegungsapparate — haben zur Verhütung dieser Versteifungen sehr viel geleistet, sind aber nicht überall anwendbar. *Payr* unterscheidet drei Typen der Gelenksteife nach langdauernder Fixation: bindegewebige Entartung und Abmagerung der Muskulatur (Inaktivitäts-atrophie); Einengung und Verödung der Gelenkbuchten; durch Schrumpfung, schwielige Verdickung, Elastizitätsverlust aller Weichteile um das Gelenk hervorgerufene Einbuße an passiver Dehnbarkeit. Im Leichenversuch während der Totenstarre angestellte Studien ergaben eine gradweise abgestufte Beteiligung der einzelnen Muskeln und Bänder an der Beugehemmung des Kniegelenks. Die Größe und Gestalt der abnorm verengerten Gelenkbuchten läßt sich ferner vor der Operation durch Sauerstofffüllung des Gelenks mit nachfolgender Röntgenphotographie feststellen. Nach dieser Differenzierung richtet sich das operative Vorgehen. Bei leichteren Versteifungen genügt das Ausschneiden der Schwielen und Narben. Schwere Fälle erfordern scharfes Auspräparieren der Muskeln des Streckapparates auf weite Strecken, Durchtrennung und Lösung spannender Faserzüge, plastische Verlängerung der Strecksehne mit Überpflanzung gesunden Nachbar-muskels, Unterfütterung der verwachsenen Kniescheibe (nach Lösung der Verwachsungen) mit Fettlappen.

Die Resultate früher angewandeter Verfahren zur Operation rein knöcherner Versteifungen waren nicht befriedigend. Man versuchte den narbigen Ersatz des aus den angefrischten Knochen einsickernden Blutes durch Polieren oder Abfeilen der Oberfläche dadurch zu verhindern, daß Feilspäne in die blutenden Knochen-lücken eingepreßt werden, und daß dabei eine erhebliche Erhitzung auftritt. *Lewer* erhält nun operativ mobilisierte Gelenke durch Gewebzwischenlagerung beweglich. Er pflanzt zwischen die neuen Gelenkkörper einen Fettlappen, der im Lauf der Zeit einen Ab- und Umbau erfährt: an den bei Belastung und Bewegung am meisten beanspruchten Abschnitten wandelt sich das Fett in glattes, derbes Bindegewebe von knorpeliger Härte um, das in der Tiefe in gewöhnliches Knorpel- und Knochengewebe übergeht; an weniger

belasteten Teilen entwickelt sich dagegen ein dicker, elastischer Überzug mit eingelagertem neugebildeten Fettgewebe — der Form nach eine natürliche Nachahmung der normalen Zwischenknorpelscheiben. Es entsteht so ein neuer Gelenkspalt, dessen Teile genau ineinander greifen (*Centralblatt für Chirurgie* 1917, Nr. 1 und 36). Tierversuche *Payrs* (*Deutsche med. Wochenschrift* 1918, 31) ergaben, übereinstimmend mit Operationserfahrungen bei Verletzungen, eine so weitgehende Regenerationskraft der die Gelenke umgebenden Weichteile, daß das Gelenk selbst bei völliger Entfernung der Gelenkkapsel bei zweckentsprechender Behandlung nach kurzer Zeit von einem normal funktionierenden Kapselschlauch zusammengehalten wird.

O. Wassertrüdingen.

Daß in Ausführung der feindlichen Friedensbedingungen unschätzbare Kulturwerte jetzt noch vernichtet werden sollen, wird in einem Aufsatz über **Helgolands Hafen im Dienste der Fischereibiologie** von Dr. *Hagmeier* (Helgoland) in Nr. 8, Jahrg. XI, des „Fischerboten“ (Hamburg, Verlag L. Friederichsen & Co.) ausgeführt. Leicht könnte man jede Nutzung des Helgoländer Hafens für militärische Zwecke verhindern, ohne dieses Meisterwerk deutscher Ingenieurkunst in kurz-sichtigem Affekt zu zerstören. Unschätzbar wäre der mitten in offener See gelegene Hafen mit dem reinen, stark salzhaltigen Nordseewasser für wissenschaftliche Untersuchungen über das Tierleben der Hochsee. Noch ist es nicht gelungen, Freilandversuche mit Meerestieren auszuführen, während man im Süßwasser damit große Erfolge erzielte. Auch durch fischereibiologische Forschung können die großen Probleme der Meeresbiologie gefördert werden. Die künstliche Aufzucht von Seefischen, Untersuchungen über deren Wachstum, außerdem künstliche Austern- und Hummerzucht wären die Aufgaben, deren Ausführung die Biologische Anstalt in Angriff nehmen müßte. Die deutsche Austernwirtschaft beschränkt sich immer noch auf das Abfischen der Naturbänke. Durch künstliche Zucht von Saataustern im Helgoländer Hafen könnten die Naturbänke verstärkt und neue Bänke angelegt werden. Zuchtteiche oder Becken an der Küste sind weniger geeignet wegen der Frostgefahr im Winter. Helgoland ist der einzige Platz an der deutschen Küste, wo der Hummer vorkommt. Frühere Versuche der Biologischen Anstalt, eine künstliche Hummerzucht einzuführen, mußten daran scheitern, daß die Reede der Insel nicht genügend Schutz bot zur Errichtung einer Brutanstalt. Der Helgoländer Hafen wäre ein geeigneter Ort für künstliche Hummerzucht.

Durch die barbarische Zerstörung dieses Kulturwerkes beraubt man uns einer ganz einzigartigen Gelegenheit zu großzügigen biologischen Forschungen.

Autoreferat.

Wetterfilme. Über die Möglichkeit, Wettervorgänge oder die Veränderungen der Wetterkarte usw. durch den Film darzustellen, wird gegenwärtig außerordentlich viel geschrieben, und das liegt ja nahe, aber vom Schreiben und vom Vorschlage bis zur Ausführung ist ein weiter, mühsamer Weg — weiter und mühsamer, als die meisten Schreiber ahnen. Am leichtesten ist die Aufnahme von Naturvorgängen, wie Zug und Gestaltänderung der Wolken, Gewitter usw. Schwieriger ist schon ein Film, den ich gegenwärtig mit der Imperator-Film-Co. bearbeite, die Entstehung der Wetterkarte; es findet da eine Verbindung von Naturaufnahmen mit Zeichnungen statt. Dieser Film soll allgemeinen Lehrzwecken dienen, ohne Beschränkung auf

einen bestimmten Bildungskreis, so daß er ebenso wohl einem beliebigen Zuschauerkreis, wie in allen Arten von Schulen vorgeführt werden kann. Die schwierigste Aufgabe aber haben wir zuerst in Angriff genommen, nämlich die Darstellung der Änderung der Wetterlage. In allen Aufsätzen über Wetterfilme wird diese Aufgabe genannt, und zwar mit Worten, aus denen man schließen muß, daß sie für ganz leicht gehalten werde. Es heißt stets, daß man nur eine Reihe Wetterkarten zu zeichnen und aufzunehmen brauche, um einen Film zu erhalten. Würde dieser Versuch einmal unternommen, so würde man bei der Vorführung des Films ein sehr unangenehmes Zucken des Bildes wahrnehmen, denn wenn man die Zwischenzeiten zwischen den einzelnen gezeichneten Karten nicht sehr klein wählt, sind die Änderungen der Wetterlage viel zu groß, als daß der notwendige *stetige* Übergang von einem Bild zum anderen erreicht wird. Deshalb haben wir ein anderes Verfahren erdacht, wonach die Isobaren durch bewegliche Linien dargestellt werden. Als Unterlage dient die bis dahin einzigartige Reihe von 30 Karten, die ich meiner Arbeit über das Hochwasser im Juli 1897⁴⁾ zugrunde gelegt habe, und die die Wetterlage von 6 zu 6 Stunden zeigt. Diese Karten beruhen auf den Aufzeichnungen von mehr als 50 Barographen und enthalten die Isobaren von Millimeter zu Millimeter. Meist nicht sehr schwierig war dann das Entwerfen von Zwischenkarten für je 3 Stunden, und wo dann für den Filmbearbeiter noch Zweifel sein konnten, zeichnete ich noch weitere Zwischenkarten. Die Aufnahme aller Karten einschließlich der Isobarenverschiebung erfordert etwa $1\frac{1}{2}$ Monate Arbeit — eine Zeit, die sich wohl keiner von denen vorgestellt hat, der über solche Filme nur schrieb. Bisher war es dem Vorstellungsvermögen des Meteorologen überlassen, sich den Übergang einer Wetterlage in die andere auf Grund seiner Fachkenntnisse auszumalen; jetzt wird das auch dem Nichtfachmann möglich sein. Ein Probestück erwies das Verfahren als vortrefflich und bot mir als Fachmann ein reizvolles Schauspiel; war es doch das erste Mal, daß man die Hoch- und Tiefdruckgebiete nicht nur wandern, sondern sich dabei auch verändern und selbst trennen und vereinigen sah.

C. Kaßner.

Zur Erklärung der Bewegung der Rotationspole der Erde (W. Schweydar, Sitzungsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften 1919, XX, 10 S.). Die Bewegung des Poles der Erde setzt sich im wesentlichen aus zwei Schwankungen zusammen von 433 und 365 Tagen. Die erste, die sogenannte Chandlersche Periode, pflegt man als die Periode der kräftefreien Nutation aufzufassen, die durch die Differenz der Hauptträgheitsmomente der Erde und die Elastizität derselben bestimmt ist. Sie sollte eine kreisförmige Wanderung des Poles erzeugen. Bezüglich der zweiten hat Newcomb schon vermutet, daß sie durch den Massentransport auf der Erde bedingt ist, der mit den meteorologischen Vorgängen, speziell mit der Änderung der Luftdruckverteilung verbunden ist. Auch Spitaler hat dieses Problem behandelt.

Die Veränderlichkeit der Amplitude und Phase der Chandlerschen Bewegung, die übrigens auch schon Newcomb für möglich gehalten hat, erklärt sich nun dadurch, daß die Luftdruckverteilung in ihrer außerordentlichen Kompliziertheit weit davon entfernt ist,

sich als eine rein periodische Erscheinung darstellen zu lassen. Jede neue Periode beginnt daher mit anderen Anfangsbedingungen.

Jede Veränderung in der Luftdruckverteilung wirkt wie ein neuer Stoß an den Erdkörper und erzeugt eine Schwingung von der Chandlerschen Periode, deren Amplitude und Phase von der Größe des Antriebes und dem Zeitpunkte seines Eintrittes abhängig ist. (Vgl. Wanach: Die Polhöhenchwankungen: *Naturwissenschaften*, 7. Jahrg., S. 476.)

Schweydar zeigt nun rechnungsmäßig, wie so die ganze beobachtete Polbewegung zustande kommen kann, wobei außer der Verschiebung der Luftmassen auch die durch das Gewicht derselben hervorgerufene elastische Deformation der Erde eine wesentliche Rolle spielt.

Die Untersuchung wird geführt unter Zugrundelegung von Monatsmitteln der gesamten Luftdruckverteilung auf der Erde, die von W. Gorczyński durch Isobarenkarten zur Darstellung gebracht wurden. Dabei mußte ein Unterschied zwischen Land und Meer gemacht werden. Auf dem festen Lande spielt die Deformation der Erde eine bedeutende Rolle, während auf dem Meere die Luftdruckunterschiede durch entsprechende Niveaudifferenzen des Wassers ausgeglichen werden. Es bleibt hier nur eine innerhalb des Jahres veränderliche, aber für die ganze Meeresfläche konstante Größe übrig. Es wird nun zunächst gezeigt, daß die jährliche Wanderung des Trägheitspoles dem Charakter und der Größe nach ganz mit dem übereinstimmt, was sich aus den Beobachtungen des internationalen Breitendienstes ergibt: eine Schleife in Form eines unregelmäßig deformierten Achteckers mit einer westlichen Elongation von $0,053''$ im Januar und einer östlichen von $0,038''$ im Juli.

Es wird nun weiter durch numerische Integration der Weg des Rotationspoles durch sieben Jahre abgeleitet und wieder eine Kurve erhalten, welche mit der des internationalen Polhöhendienstes große Ähnlichkeit hat, beiläufig gleiche Dimensionen aufweist und nach etwa sechs Jahren so ziemlich zum Ausgangspunkte zurückkehrt. Die Verschiebung der Luftmassen erklärt somit im wesentlichen die komplizierte Form und die Dimensionen der gesamten Bewegung des Rotationspoles der Erde.

A. Prey.

Astronomische Mitteilungen.

Die magnetische Polarität der Sonnenflecken. Die Wirbelstruktur der Sonnenflecken, genauer der Atmosphärenschicht über den Flecken, die den mit dem Spalt des Spektroheliographen eingestellten Teil der Wasserstofflinie H_α erzeugt, war im Jahre 1908 von Hale durch spektroheliographische Aufnahmen dargestellt worden. Die Vermutung lag nahe, daß in den Sonnenflecken Magnetfelder bestehen, was ja der Fall sein muß, wenn die an den in Sonnenflecken herrschenden Strömungen beteiligte Materie Träger elektrischer Ladungen ist. Diese Vermutung wurde noch in demselben Jahre durch den Nachweis eines deutlichen Zeemaneffektes an den Spektrallinien in Fleckengebieten bestätigt (Mt. Wilson Contr. Nr. 26 und 30, Astrophys. Journ. Bd. 28, 100, 315). Eine neue Veröffentlichung in Nr. 165 der Mt. Wilson Contr. und in Nr. 3 des 49. Bandes des Astrophys. Journ. von Hale und seinen Mitarbeitern befaßt sich mit den Gesetzmäßigkeiten, die bisher an diesen Magnetfeldern festgestellt worden sind. Es ist nicht möglich, in engem Rahmen die Beobachtungsmethoden allgemein-

⁴⁾ Über die wahre Wetterlage bei dem Hochwasser in Schlesien und Österreich Ende Juli 1897. Zeitschrift für Bauwesen 51, 453—466, 1901.

verständlich darzulegen; angedeutet sei nur, daß der in Fleckengebieten auftretende Zeemaneffekt an einer geeigneten Spektrallinie (Eisen, λ 6173,533) mittels einer $\frac{1}{4}$ - bzw. $\frac{1}{2}$ -Wellenlängen-Platte und Nicol analysiert wurde, und daß aus Abstand und relativer Intensität der Komponenten des Zeemantriplets bei verschiedenen Abständen der Fleckengruppe vom Sonnenrande, und indem der Spalt des Spektrographen nacheinander auf die verschiedenen Stellen der Gruppe gebracht wurde, auf die Stärke des Magnetfeldes, die Lage der Kraftlinien und den Sinn der Polarität (entsprechend dem magnetischen Nord- und Südpol der Erde) in jedem Punkte der Fleckengebiete geschlossen wurde. Die Beobachtungen wurden seit 1915 an jedem klaren Tage mit dem 75-füßigen Spektrographen des 150-füßigen „Tower“-Teleskops der Mt. Wilson-Sternwarte ausgeführt. Die Feldstärken sind in der Regel von der Größenordnung 10^3 Gauß. Ungefähr 60 % der Fleckengruppen sind bipolar, d. h. sie bestehen aus Gliedern entgegengesetzter Polarität, die nach ihrer heliographischen Länge deutlich voneinander getrennt sind. Bei einer aus zwei Flecken gleicher Größenordnung bestehenden Gruppe z. B. haben die beiden Glieder der Gruppe in der Regel entgegengesetzte Polarität. Bemerkt sei, daß die Längsachsen von Fleckengruppen durchschnittlich eine geringe Neigung gegen den Sonnenäquator haben. Weitere 39 % sind unipolar, jedoch meist mit Spuren von Bipolarität. Der Rest ist multipolar, d. h. beide Polaritäten sind regellos in dem Fleckengebiet durcheinander gewürfelt. Vor dem letzten Fleckenminimum war die Polarität der unipolaren Flecken und der im Sinne der Rotation vorausgehenden Glieder bipolarer Flecken positiv auf der nördlichen, negativ auf der südlichen Hemisphäre. Seit dem letzten Minimum sind die Vorzeichen umgekehrt. Das erörterte Beobachtungsmaterial endigt vor dem jüngsten Fleckenmaximum.

Spektroskopische Bahnen von Bedeckungsveränderlichen. Von dem interessanten Veränderlichen W Urae majoris (α 9^h 36,7^m, δ + 56° 25', 1900) sind auf dem Mount Wilson einige Radialgeschwindigkeitsbestimmungen gelungen (Adams und Joy, Astrophys. Journ. 49, 189). Die Veränderlichkeit wurde 1903 durch Müller und Kempf in Potsdam entdeckt. Sie zeichnet sich durch ihre Art und die ungewöhnlich kurze Periode von nur 4 Stunden aus. Schon seit längerer Zeit wurde vermutet, daß der Stern ein Bedeckungsveränderlicher vom β Lyrae-Typus und die Umlaufperiode die doppelte des Lichtwechsels sei, daß also zwei gleiche Bedeckungen in jedem Umlauf auftreten. Dies bestätigen nunmehr die spektroskopischen Beobachtungen. Der Fall ist besonders deshalb interessant, weil aus der Lichtkurve eine außerordentlich große Dichte der Komponenten sich ergibt, deren Spektrum nahe dem der Sonne gleicht (genauer F 8). Die Verbindung der spektroskopischen und photometrischen Elemente liefert nunmehr folgende Systemkonstanten: Umlaufszeit 0,3336^d, Bahnexzentrizität 0?, Bahngeschwindigkeit der Hauptkomponente 134 km/sek, der Nebenkomponeute 188 km, Radien der Bahnen um den Schwerpunkt bzw. 620 000 km und 880 000 km, Neigung der Bahnebene gegen die Sphäre 77,6°, große Äquatorialhalbachsen der beiden (gleichgroßen) ellipsoidischen Komponenten 548 000 km, kleine Äquatorialhalbachsen derselben 408 000 km, Polarhalbachsen

373 000 km, Massen 0,69 und 0,49 Sonnenmassen, Dichten 2,8 und 1,9 Sonnendichten. Bei gleicher Oberflächenhelligkeit mit der Sonne würde die größte absolute Helligkeit der beiden Komponenten zusammen etwa 0,84 der Sonnenhelligkeit sein. Den Spektrallinien nach zu urteilen scheint die dichtere Komponente etwas heller als die andere zu sein.

Für den Algolstern Z Herculis (α 17^h 53,6^m δ + 15° 9'; 1900), dessen Veränderlichkeit ebenfalls von Müller und Kempf entdeckt wurde, ergaben die spektroskopischen und photometrischen Beobachtungen: Periode 3,9928 Tage, Bahnexzentrizität 0?, Bahngeschwindigkeiten der beiden Komponenten 88,2 km und 101,8 km, Radien der Bahnen 4,9 und 5,6 Mill. km, Bahnneigung 82°, Radien der (kugelförmigen) Komponenten 1,2 und 2,3 Mill. km, Massen 1,6 und 1,3 Sonnenmassen, Dichten 0,3 und 0,04 Sonnendichten. Spektraltypus beider Komponenten F 2. Die kleinere, aber massigere und dichtere Komponente ist etwa doppelt so hell als die andere, ihre absolute Helligkeit, spektroskopisch bestimmt, rund $2\frac{1}{2}$ Größenklassen über der Sonnenhelligkeit. Bemerkenswert ist der große Unterschied der Flächenhelligkeiten und der Dichten der beiden Komponenten bei nahe gleicher Masse und gleichem Spektrum (l. c. S. 192).

In der Aprilnummer des Astrophys. Journ. (Mt. Wilson Contr. Nr. 163) teilen Adams und Joy eine Liste von 37 Sternen mit großer Radialgeschwindigkeit (> 80 km) und bekannter Eigenbewegung und Parallaxe mit, für die also die Bewegung im Raum abgeleitet werden kann. Einige der von den Autoren aus diesem Material gezogenen Schlüsse mögen hier folgen. Die zur Ebene der Milchstraße senkrechten Geschwindigkeitskomponenten sind im Durchschnitt $2\frac{1}{2}$ -mal kleiner als die in dieser Ebene gelegenen. Die Zielpunkte (Apices) der Bewegungen liegen sämtlich zwischen 131° und 322° galaktischer Länge, vermeiden also eine Hemisphäre fast vollständig. Die Geschwindigkeit des Zentroids dieser Sterne ist sehr hoch, nämlich 74,4 km, und gegen einen Punkt mit der galaktischen Länge 217° und der galaktischen Breite — 30° (α 7,8^h, δ — 34°) gerichtet. Die große Achse des Geschwindigkeitsellipsoids dieser Sterne ist in naher Übereinstimmung mit der aus den Radialgeschwindigkeiten von 260 Zwergsternen und aus den Eigenbewegungen von 559 Sternen großer Eigenbewegung abgeleiteten. Alle drei Bestimmungen ergeben für den Hauptvertex der Sterne großer Geschwindigkeit eine beträchtlich kleinere galaktische Länge (141°—148°), als er sich für die Gesamtheit der Sterne (170°)¹⁾ ergibt. Die Zielpunkte der Bewegungen der Sterne geringer absoluter Helligkeit liegen durchschnittlich der Ebene der Milchstraße näher als die der Sterne großer absoluter Helligkeit. Erstere haben ferner im Durchschnitt eine bedeutend größere Geschwindigkeit. Nach dem Spektrum geordnet sind durchschnittlich die schnellsten Sterne die vom Typus F (I.—II. Typus), dann folgen der Reihe nach A (I), G (II), K und M (II—III und III). Die größte beobachtete Geschwindigkeit ist 494 km/sek. P. Guthnick.

¹⁾ Dieser Punkt der Milchstraße und der um 180° abstehende stellen die Richtung der relativen Bewegung der beiden Hauptsternströme dar, die genau parallel der Ebene der Milchstraße sich vollzieht.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 44. (Seite 801—820)

31. Oktober 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Neuere Gesichtspunkte zur Lehre von der Ernährung. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Zuntz, Berlin. S. 801.

Die Entwicklung des Sehrohres für Tauchboote. Von Dr. H. Erfle, Jena. S. 805.

Die Verbreitung von Früchten durch die Luftbewegung. Von Dr. Wilhelm Schmidt, Wien. S. 810.

Besprechungen:

Die Kultur der Gegenwart. Von O. Steche, Frankfurt. S. 812.

Kammerer, Paul, Das Gesetz der Serie. Von H. L. Honigmann, Magdeburg. S. 814.

Steche, Otto, Grundriß der Zoologie. Von C. Zimmer, München. S. 815.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über Salzhunger und Geophagie (Erdessen) bei den Naturvölkern. S. 815.

Einiges über unsere Torfmoore. Von Kuno Wolf, Berlin-Charlottenburg. S. 815.

Das Gleitflächengesetz. Von O. Baschin, Berlin. S. 816.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

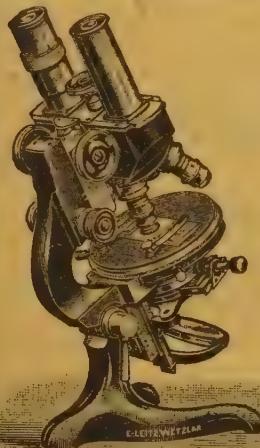
Sehr dichte Niederschläge. Über die rationelle Ausnutzung der Brennstoffe. Konstruktion der Diagramme der Geschwindigkeit und Beschleunigung des Films. Zur allgemeinen Entwicklungsgeschichte des Blutgefäßsystems. Gewinnung von Mineralöl in England. Die Entstehung der Bernsteinsäure bei der alkoholischen Gärung. Über den Nährwert. S. 816—820.

Astronomische Mitteilungen:

Die räumlich geschlossene Welt. Quantentheoretische Beziehungen im Planetensystem. S. 820.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

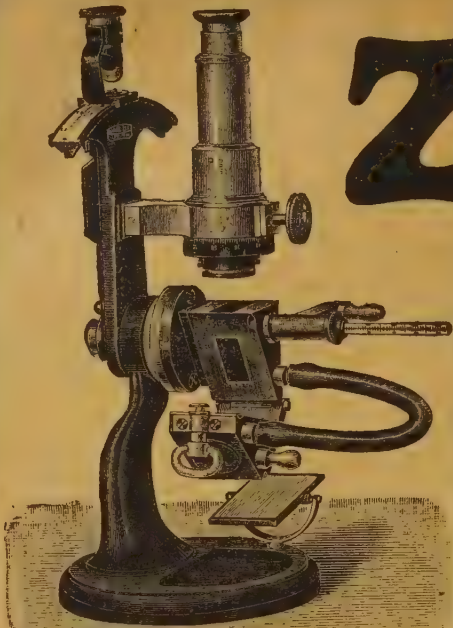
Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

**Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren**

**Mikrophotographische und
Projektionsapparate**

**Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.**



Zeiss
Abbe-Refraktometer
 mit heizbaren Prismen
 zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe	- Refraktometer
Butter	- Refraktometer
Eintauch	- Refraktometer
Zucker	- Refraktometer
Pulfrich	- Refraktometer
Kristall	- Refraktometer
Differenz	- Refraktometer
Milchfett	- Refraktometer

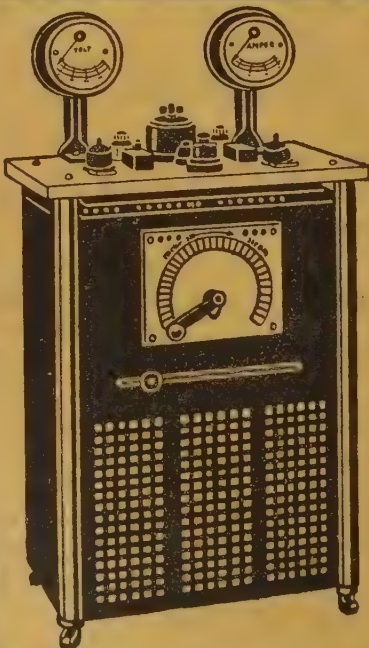
BERLIN
 HAMBURG



WIEN
 BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Siemens & Halske A.-G.
Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



**Fahrbare
 Experimentier-
 Tische**

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

31. Oktober 1919.

Heft 44.

Neuere Gesichtspunkte zur Lehre von der Ernährung.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Zuntz, Berlin,

früher Professor der Physiologie an der Landw. Hochschule.

Die Lehre von der Ernährung schien vor einiger Zeit im wesentlichen abgeschlossen zu sein. Als Ergebnis der älteren Untersuchung kommen folgende Gesichtspunkte für die Deckung des Nahrungsbedarfs in Betracht: 1. eine gewisse Menge im Körper oxydierbarer Stoffe zur Befriedigung des Energiebedürfnisses; 2. eine bestimmte Menge von Eiweiß, die beim Erwachsenen als Ersatz der Abnutzung der Zellen und Gewebe, des Bedarfs an Fermenten und Drüsensekreten dient, beim Jugendlichen auch zum Wachstum; 3. eine Anzahl Mineralstoffe, welche im wesentlichen ähnlichen Aufgaben dienen, wie das Eiweiß. Man nahm meist an, daß die Mineralstoffe in der gewöhnlichen Nahrung des Menschen und der Haustiere in einer den Bedarf deckenden Menge vorhanden sind, so daß es nur auf die Sicherung des Bedarfs an Eiweiß und an Energie in der Nahrung ankäme. Dieser Satz ist durchaus nicht immer richtig. Wo das Trinkwasser arm an Kalksalzen ist, sind es meist auch die Bodenerzeugnisse. In solchen Gegenden gehen die Zähne infolge des Kalkmangels vorzeitig zugrunde; Knochenweiche und Knochenbrüchigkeit kommen bei Menschen und Haustieren häufig vor. Auch Mangel an Phosphorsäure, an Natrium, an Kalium kann, wiewohl in selteneren Fällen, zu Gesundheitsstörungen führen. Auch in bezug auf die organischen Nährstoffe liegt die Sache nicht so einfach. Oft erweist sich eine Nahrung, deren Eiweißgehalt reichlich ist und die dem Körper genügend Brennmaterial bietet, nicht ausreichend, um auf die Dauer die Gesundheit zu erhalten. So wird also die Ernährungslehre durch genauere Würdigung von Stoffen, deren Bedeutung nicht glatt unter die genannten Kategorien fällt, ausgebaut werden müssen. Nach dieser Richtung sei in erster Linie auf eine Anzahl von Versuchen hingewiesen, die in besonders großem Umfange von Lafayette Mendel in Newhaven und dem jüngst verstorbenen Röhmman in Breslau ausgeführt wurden, in denen man möglichst reine Nährstoffe, ergänzt durch die nötige Salzmenge, den Tieren zur Verfügung stellte und dabei zunächst gutes Gedeihen, später aber ein allmähliches Hinsiechen beobachtete. Offenbar waren es nur geringe Mengen gewisser besonderer Nährstoffe, welche in derart zusammengesetzten Nahrungsgemischen fehlten. Neuere Versuche von Stepp und Hans Aron zeigten, daß in einigen Nahrungs-

stoffen derartige für den Körper unentbehrliche Ergänzungen enthalten sind. Eine Nahrung, welche in scheinbar durchaus rationeller Weise aus den nötigen Salzen, aus Eiweiß, Fett und Kohlenhydraten, gemischt war, reichte nie aus, wenn dieses Fett z. B. reines Schweineschmalz oder Olivenöl war. Ersatz von nur 1 g dieser Fette durch entsprechende Mengen Lebertran, Butter oder Rüböl konnte schon die Nahrung vollwertig machen. Es gibt also offenbar gewisse dem Fett beigemischte Substanzen (Lipoide), welche unbedingt in der Nahrung enthalten sein müssen.

Ähnlich steht es mit den Eiweißkörpern. Wir wissen durch die neueren Untersuchungen des unsterblichen Emil Fischer, daß der Sammelbegriff „Eiweiß“ eine Fülle der verschiedenartigsten Stoffe umfaßt. Derart mannigfaltig, daß wir für jede Tierart, ja vielfach für einzelne Organe der Tiere besonders konstituierte Eiweißstoffe nachweisen können. Unter diesen Umständen verstehen wir, daß die Gegenwart einer bestimmten Menge im wesentlichen durch ihren Stickstoffgehalt und gewisse physikalische Eigenschaften charakterisierter Eiweißkörper keineswegs immer dasselbe für die Deckung des Nahrungsbedürfnisses eines Tieres bedeutet. Wir wissen ja durch die neueren Untersuchungen, daß bei der Verdauung das Eiweiß in die Aminosäuren, aus welchen es aufgebaut ist, zerlegt wird, und daß nach Aufsaugung derselben die einzelnen Organe durch Auswahl aus diesen im Blute zirkulierenden Aminosäuren sich ihr charakteristisches Eiweiß wieder aufbauen. Demgemäß kommt es für die Deckung des Nahrungsbedarfes nicht darauf an, daß eine bestimmte Menge Eiweiß zugeführt wird, vielmehr darauf, daß alle für den Organismus nötigen Aminosäuren in der Nahrung enthalten sind. Hieraus ergibt sich schon, daß die in der Ernährungslehre allgemein übliche Forderung eines bestimmten Stickstoffgehalts in der täglichen Nahrung dem Bedürfnis des Körpers an Eiweißbausteinen durchaus nicht immer gerecht wird. Auch die von den Ernährungsphysiologen vielfach geübte Scheidung der stickstoffhaltigen Bestandteile der Nahrung in Eiweiß und Aminosäuren charakterisiert keineswegs den Nährwert genügend. In vielen Nahrungspflanzen ist ein Teil des Eiweiß hydrolysiert, d. h. in derselben Weise abgebaut, wie es bei der Verdauung geschieht. Die hieraus resultierenden Spaltungsprodukte sind zwar verglichen mit einem idealen Eiweiß unzureichend. Sie als wertlos anzusehen, wie dies von vielen Vertretern der tierischen Fütterungs-

lehre heute noch geschieht, ist ganz verkehrt. Wir konnten für ein an Aminosäuren besonders reichliches Nahrungsmittel, für die Kartoffel, nachweisen, daß in ihr diese Abbauprodukte das Eiweiß zu einer vollkommenen alle Bedürfnisse des Körpers deckenden Nahrung ergänzen, so daß man ein direkt falsches Bild von der Bedeutung der in der Kartoffel enthaltenen stickstoffhaltigen Nährstoffe bekommt, wenn man die Aminosäuren als minderwertig ausscheidet. Ein anderes Beispiel für die Möglichkeit, einen stickstoffhaltigen Bestandteil der Nahrung durch Beigabe ihm fehlender Aminosäuren vollwertig zu machen, liefern uns die Arbeiten über den Nährwert des Leimes, welche bis auf die berühmten Bestrebungen des genialen Erfinders *Rumford* zurückgehen, das Fleisch durch aus Knochen und Sehnen hergestellte Leimgallerten zu ersetzen. Wir wissen jetzt, daß etwa 25 % der Stickstoffsubstanzen der Nahrung aus Leim bestehen dürfen, daß aber größere Mengen minderwertig sind, indem sie nur wenig Körpereiwweiß ersparen. Diese Minderwertigkeit des Leimes kann durch Beigabe einiger ihm fehlender Aminosäuren (Tyrosin, Cystin, Tryptophan) vollkommen aufgehoben werden, wie *Kaufmann* in meinem Institut gezeigt hat. Dieselbe Wirkung hat auch Beigabe geringer Mengen durch Hydrolyse teilweise verdaulich gemachten Horns, welches besonders reichlich die dem Leime fehlenden Aminosäuren enthält.

Schon im Jahre 1877 zeigte *Potthast* durch eine in meinem Laboratorium ausgeführte Versuchsreihe, daß von Conglutin, dem charakteristischen Eiweißkörper der Leguminosen, sehr viel größere Mengen nötig sind, um Eiweißverluste vom Körper zu vermeiden, als von Milcheiweiß und von Fleisch. Jüngst hat *Thomas* umfassende Untersuchungen am Menschen in der Art ausgeführt, daß er bei einer nur aus Fett und Kohlenhydraten bestehenden Diät, welche ausreichte, die Energiebedürfnisse des Körpers zu decken, den Zerfall der stickstoffhaltigen Körperbestandteile ermittelte und anschließend untersuchte, in welchem Maße verschiedene Eiweißkörper, der Nahrung zugefügt, diesen Zerfall verhinderten. Es ergab sich, daß Rindfleisch und Kuhmilch den Verlust einer ihrem Gehalt gleichen Stickstoffmenge aufhoben. Reines Kasein aber ersetzte nur 70 %. Es ergänzen sich also die beiden Eiweißkörper der Milch, Kasein und Laktalbumin, zur Deckung aller Bedürfnisse des Menschen. Das Fleisch von Tieren, die in ihrer Organisation stark vom Menschen abweichen, hat geringeren Nährwert, z. B. das des Krebses 79 %. Geringer, aber unter sich stark verschieden, ist der Ersatzwert des pflanzlichen Eiweißes. Bei Reis und Blumenkohl = 84—88 %, Kartoffeln = 79 %, Bohnen = 56 %, Weizenmehl = 40 %, Maismehl = 30 %. Bei gemischter Nahrung ist, wie in dem Falle von Leim und Horn, damit zu rechnen, daß die Mängel eines Eiweißkörpers die anderer ausgleichen.

In letzter Zeit hatte ich Gelegenheit, ein ganz besonders charakteristisches Beispiel für die verschiedene Wertigkeit der in der Nahrung enthaltenen Eiweißkörper zum Zwecke des Aufbaues der Gewebe zu studieren. Es war mir aufgefallen, daß unter der eiweißarmen Ernährung des Krieges besonders der Haarwuchs bei vielen Menschen sehr stark gelitten hat. Dies veranlaßte mich zu einem literarischen Studium der besonders in den dreißiger Jahren in größerer Menge gesammelten Erfahrungen über die Abhängigkeit des Wollwachstums der Schafe von der Art ihres Futters. Dabei zeigte sich, daß eine für den übrigen Stoffwechsel, speziell für die Fleischbildung wachsender Tiere ausreichende Eiweißmenge noch nicht genügte, um das Maximum des Wollwachstums zu sichern. Es mußte ein erheblicher Überschuß von Eiweiß zu diesem Zweck gegeben werden. Dies erscheint leicht verständlich angesichts des Umstandes, daß einige Eiweißbauelemente, die im Fleisch und in dem pflanzlichen Eiweiß der Futterstoffe in geringen Mengen enthalten sind, sich im Haar viel reichlicher vorfinden. In erster Linie gilt dies für das schwefelhaltige Cystin, von dem in Fleisch- und Bluteiweiß etwa 1 %, im Haar bis 8 % enthalten sind. Man muß hieraus folgern, daß, um eine reichlichere Wollbildung zustande kommen zu lassen, sehr viel Eiweiß zersetzt wird, dessen für das Haar charakteristische Bestandteile zur Haarbildung dienen, während die übrigen Bausteine nur als Brennstoffmaterial ausgenutzt werden. So versuchte ich denn, die charakteristischen Bestandteile des Haares in größerer Menge den Tieren zuzuführen, indem ich die an sich unverdauliche Hornsubstanz, aus welcher das Haar im wesentlichen aufgebaut ist, durch bekannte chemische Eingriffe derart spaltete, daß sie verdaulich wurden. Auf diese Weise gelang es in der Tat, das Wachstum der Wollhaare bei Schafen und ebenso desjenigen der Kopphaare des Menschen ganz außerordentlich zu fördern. Die unter der Einwirkung der angeordneten Fütterung gewachsenen Haare übertrafen an Dicke diejenigen der Paralleltiere um etwa ein Drittel, beim Menschen stieg die tägliche Haarproduktion beinahe auf das Doppelte.

Diese Beobachtung ist besonders geeignet, die Bedeutung einzelner Bausteine des Eiweißes für die Wachstumsprozesse ins richtige Licht zu stellen. Die Haare sind sicher nur ein besonderer Fall, in welchem man nachweisen kann, daß einzelne Aminosäuren, die der tierische Organismus nicht aus ihren Bauelementen selbst erzeugen kann, mit der Nahrung zugeführt werden müssen, wenn die Gewebe, in welchen sie reichlich vorkommen, sich in vollem Maße entwickeln sollen.

Weitere Studien auf diesem Gebiete müssen lehren, wieweit es möglich ist, das Wachstum von Tieren und insbesondere die Entwicklung einzelner Organe derselben dadurch zu fördern, daß man die für diese Organe charakteristischen Bauelemente in größerer Menge zuführt.

Besonders zu studieren ist noch die wichtige Frage, ob das der Tierart entsprechende Maximum der Ausbildung eines Organs schon erreicht wird, wenn alle Bauelemente vorhanden sind, oder ob, in Analogie mit dem Massenwirkungsgesetz unterliegenden chemischen Prozessen, ein Überschuß gewisser Bestandteile hierzu nötig ist. Es fragt sich, welche Bedeutung hat dieses Moment neben der funktionellen Beanspruchung, wenn es gilt, ein Organ zu höchster Entwicklung zu bringen.

Neben den Oberhautgebilden, von denen wir eben sprachen, sind auch die Geschlechtszellen, ferner die typischen Fermente des Verdauungsapparates und anderer Organe sicher in eigenartiger, vom Protoplasma der übrigen Zellen abweichender Weise konstituiert und darum vielleicht auch besonderer Bausteine bedürftig. Da diese Stoffe auch beim ausgewachsenen Individuum ständig neu erzeugt werden, könnte ihre ausreichende Bildung ebenfalls von der Art des Nahrungs eiweißes abhängen.

Wir kennen aber auch noch andere unentbehrliche Bestandteile des Körpers, für deren Erzeugung bestimmte, im gewöhnlichen Eiweiß fehlende Bauelemente mit der Nahrung zugeführt werden müssen. Der rote Farbstoff des Blutes, das Hämoglobin, besteht bekanntlich aus einer Eiweißsubstanz, der in einer Menge von etwa 6% der charakteristische eisenhaltige Farbstoff Hämatin angefügt ist. Die neuen Forschungen über das Hämatin haben ergeben, daß es in ganz analoger Weise, wie gewisse Spaltprodukte des Blattgrüns der Pflanzen aus Pyrrolholderivaten aufgebaut ist. Der Pflanzenfresser hat sich also dem Umstande angepaßt, daß er das sonst von seinen Zellen nicht verwertbare Chlorophyll in größeren Mengen mit der Nahrung aufnimmt. So sehen wir, daß die Tiere den für ihre Atmung unentbehrlichen Blutfarbstoff aus zwei Quellen beziehen. Entweder als Raubtiere aus dem Blute ihrer Beute oder, als Pflanzenfresser, aus dem Blattgrün. Die Ärzte hatten schon lange die Beobachtung gemacht, daß grüne Pflanzen die Blutbildung fördern. Erklärt würde der Nutzen solcher Diät aus dem allerdings nur geringen Eisengehalt der betreffenden Pflanzen. Jetzt aber wissen wir, daß das Eisen in mineralischer Form der Blutbildung ebenso zugute kommen kann, als wenn es sich in sogenannter organischer Bindung in den grünen Pflanzen findet. Es sind vielmehr die *Pyrrolholderivate des Chlorophyll*, welche die Blutbildung durch grüne Gemüse erklären. Dieser Gesichtspunkt ist in neuerer Zeit auch von der Pharmakologie anerkannt worden, indem man zur Förderung der Blutbildung Chlorophyllpräparate den Bleichsüchtigen verabreichte.

Die Notwendigkeit besonderer Nährstoffe, die nicht in die Kategorien der Eiweißkörper, Fette und Kohlenhydrate fallen, ist ferner durch die Beobachtung gewisser Krankheiten geliefert worden, welche bei einseitiger Kost auftreten. Von derartigen Krankheiten kannte man seit langem

den Skorbut, gekennzeichnet durch Neigung zu Blutungen und Geschwürsbildung. Er tritt bei Menschen auf, die lange Zeit einseitig mit bestimmten Konserven genährt werden, so unter der Besatzung lange reisender Segelschiffe, ferner unter der Bevölkerung von Gefängnissen. Er läßt sich durch die angedeutete einseitige Fütterung bei Meerschweinchen und anderen Tieren erzeugen. Man konnte nachweisen, daß die Nahrung in diesen Fällen im gewöhnlichen Sinne eine ausreichende war; das Fehlen von Ergänzungstoffen ergab sich aber dadurch, daß es genügte, gewisse einfache Substanzen zuzufügen, um die Krankheitserscheinungen zu beseitigen. Heilende Wirkung wurde von Zitronensaft, von frischen grünen Salatpflanzen, wie Löffelkraut und dergleichen beobachtet. Während der Skorbut in den letzten Jahrzehnten und besonders seit die langen Segelschiffreisen aufgehört haben, sehr zurückgetreten ist, machte sich in neuerer Zeit eine analoge Krankheit bei Kindern bemerkbar, die ausschließlich mit sterilisierter Milch genährt wurden. Man hat bekanntlich großen Wert darauf gelegt, dem Säugling durch längeres Erhitzen vollkommen sterilisierte Milch zu reichen. Durch diese von Soxhlet systematisch ausgebildete Maßnahme sind gewisse auf Gärungsprozessen beruhende Verdauungsstörungen beseitigt worden, ebenso auch die Gefahr, die Kinder mit Tuberkulose, Maul- und Klauenseuche oder anderen Krankheiten zu infizieren. Dafür aber zeigt sich bei den mit Soxhletmilch genährten Kindern eine schwere, bis dahin unbekannte Krankheit, die nach dem englischen Arzt Barlow benannt wird. Die Krankheitserscheinungen erinnern sehr an die des Skorbuts, es treten Blutungen unter der Haut und in den inneren Organen auf, dabei werden die Kinder äußerst empfindlich, jede Berührung des Körpers schmerzt, und schließlich tritt, wenn nicht rechtzeitig die Diät geändert wird, unfehlbar der Tod ein. Man kann die Krankheit heilen, wenn man statt der gekochten frische Milch verabreicht, noch schneller, wenn man Abkochungen grüner Gemüse, Fruchtsaft und dergleichen den Kindern gibt. Bemerkt sei noch, daß durch besondere Versuche festgestellt wurde, daß die Verdaulichkeit der sterilisierten Milch nicht schlechter ist, als die der rohen und daß auch die Aufnahme der Mineralstoffe aus dieser gleich gut erfolgt. Wenn wir nun bedenken, daß die Milch sicher alle für den wachsenden Menschen nötigen Nährstoffe im eigentlichen Sinne enthält, muß es sich bei der Schädlichkeit der gekochten Milch um irgendeine gegen höhere Temperatur empfindliche Substanz handeln, welche für das Leben auf die Dauer nicht entbehrt werden kann. Wie bei den Menschen, so hat sich auch beim Tier, z. B. bei Kälbern, die man durch Kochen der Muttermilch vor Tuberkulose schützen wollte, die Unbekömmlichkeit der erhitzten Milch erwiesen.

Ein anderer Fall der Unentbehrlichkeit ein-

zelter nicht in unsere gewöhnlichen Nahrungsmittelkategorien fallender Stoffe ist im größten Maßstabe durch das Auftreten der als Beriberi bekannten Krankheit in Ostasien nachgewiesen worden. Bekanntlich bildet Reis die Hauptnahrung der Japaner und der Malaien auf den Sundainseln. Nachdem die Bewohner dieser Gegenden den durch das europäische Schälverfahren blendend weiß hergestellten Reis kennengelernt hatten, verschmähten sie den früher von ihnen genossenen, die gelbe innere Schale tragenden. Seitdem ist dort in größtem Umfang die als Beriberi bezeichnete Krankheit aufgetreten, welche alljährlich zahllose Opfer fordert. Die Natur dieser Krankheit ist durch *Eyckmann* und andere Forscher dahin aufgeklärt worden, daß sie durch das Fehlen der Schalenhaut des Reises entsteht und daß man sie heilen kann, wenn man dem Patienten eine Abkochung eben dieser Haut verabreicht. Die Krankheit kann man sehr leicht studieren, weil sie bei Vögeln verhältnismäßig schnell auftritt. Ich hatte Gelegenheit, die Erscheinungen der Beriberi und ihre allmähliche Entwicklung zu beobachten, anlässlich eines in meinem Laboratorium ausgeführten aufopfernden Selbstversuches von Dr. *Moszkowski*, welcher von diesem gemeinsam mit Professor *Caspari* durchgeführt und beschrieben worden ist. Nachdem die einseitige Ernährung zu hochgradiger Abnahme der Muskelkräfte, zu heftigen Neuralgien und zu peinlicher Herzschwäche geführt hatte, wurde der Versuch auf Drängen der Ärzte, welche Dr. *Moszkowski* beobachteten, aufgegeben und es gelang auch hier durch Extrakte der Getreideschalen (Reis, Gerste, Weizen) und durch eine gemischte Kost, die Krankheitserscheinungen allmählich zu beseitigen. Bei Tauben beobachtet man schon nach wenigen Wochen der Fütterung schwerste Krämpfe, an die sich der Tod anschließt, wenn nicht schleunigst eingegriffen wird. Es genügt hier die Einspritzung einer etwas größeren Menge Extrakt aus Getreideschalen oder Hefe, um die Tiere wieder ganz munter zu machen. Bei Fortsetzung der einseitigen Kost kommen aber die Krankheitserscheinungen sehr schnell zurück.

Daß bei uns derartige Krankheiten nicht auftreten, liegt an der Mannigfaltigkeit unserer Kost. Eine wichtige Bedeutung haben die Krankheitserscheinungen der Beriberi für die jetzt lebhaft geführte Debatte über die zweckmäßigste Herstellung von Brot. Brot aus reinem Mehl ist ja sicherlich viel verdaulicher und wird durch unseren Darm besser ausgenützt als kleiehaltiges Brot. Da andererseits die mit großen Gärkammern versehenen Pflanzenfresser, vor allem die Wiederkäuer, die Kleie viel besser ausnützen als der Mensch, wird von vielen Physiologen verlangt, man sollte eine vollkommene Trennung des Getreidekornes in weißes Mehl für den Menschen und Kleie für das Vieh vornehmen. Nicht ganz mit Unrecht wird aber dem entgegengehalten, daß man auch bei Menschen, welche vorwiegend auf

Brotkost angewiesen sind, findet, daß sie kleiehaltiges Brot besser vertragen und auf die Dauer lieber nehmen als das helle Weißbrot. Insbesondere der dänische Forscher *Hindhede* hat auf Grund vieljähriger Versuche diesen Gesichtspunkt vertreten. Ich möchte in Anerkennung der Bedeutung der Kleiebestandteile, die auch von anderen durch Tierversuche erwiesen ist, nicht so weit gehen, eine vollkommene Ausmahlung des Brotgetreides, wie sie bei uns noch im Anschluß an die Kriegsgesetze besteht, zu empfehlen. Man kann sehr wohl die äußere verholzte Schale und mit ihr allen dem Brotgetreide anhaftenden Schmutz entfernen, indem man eine Kleie herstellt, die etwa 20 % des Gewichts vom Getreidekorn ausmacht. Es bleiben dann dem Brote noch genug Schalenbestandteile zur Verhütung der vorher angedeuteten Nachteile. Ein besonders wertvoller, wahrscheinlich auch zur Verhütung der Beriberi wirksamer Bestandteil des Getreidekorns ist der Keimling, welcher etwa 2 % vom Gewicht des Kornes ausmacht, aber prozentisch etwa viermal so viel leicht verdauliches Eiweiß und Fett als dieses enthält. Der Keim geht beim früher üblichen Mahlverfahren in die Kleie: man hat aber während des Krieges die größeren Mühlen mit Vorrichtungen zu seiner Isolierung ausgerüstet, um das Fett der Margarinefabrikation zuzuführen. Da es uns wohl noch jahrelang an Fleisch fehlen wird, sollte man dabei bleiben, die Keime als Einlage für Suppen oder zu Keks verarbeiten zu verwenden.

Die Frage der Vollwertigkeit einer analytisch alle organischen und mineralischen Nährstoffe aufweisenden Nahrung ist von einigen amerikanischen Forschern an der Universität Madison noch in anderer Weise in Angriff genommen worden. Sie legten sich die Frage vor, was geschehe, wenn man ein Tier mit einer einzigen Getreidepflanze ernähre. Sie fütterten Mais, Hafer, Weizen in der Art, daß die Tiere das Stroh der Pflanzen zur Deckung ihres Bedarfs an Rohfutter und die Körner zur Deckung des Kraftfutterbedarfs erhielten. Auf Grund genauer Analysen wurde erreicht, daß sowohl der Gehalt an verdaulichen Eiweißkörpern, an Fetten und Kohlenhydraten, als auch der an Mineralstoffen in der Kost aller Tiere derselbe war. Bei diesem Futter gediehen die Kühe eine Reihe von Monaten ausgezeichnet. Auch der Milchertrag war der gleiche. Nur die erzeugten Kälber erwiesen sich bei ausschließlicher Weizen- und Haferfütterung als minderwertig gegenüber den mit Mais gefütterten. Bei Fortsetzung der Ernährung in derselben Weise trat diese Minderwertigkeit immer mehr zutage, und schließlich verelendeten die mit den letztgenannten Pflanzen gefütterten Tiere vollständig, und nur die Maistiere blieben dauernd auf der Höhe. Auch hier muß es sich entweder um Ernährungsstörungen durch das Fehlen irgendeines akzessorischen Bestandteiles der früher angedeuteten Art handeln, oder darum, daß

vielleicht das Eiweiß der für das Rind minderwertigen Pflanzen nicht alle Bedürfnisse der Tiere decken konnte. Die hier gefundenen Vorzüge des Maises für Wiederkäuer stehen in einem merkwürdigen Gegensatz zu den Erfahrungen, die man beim Ersatz des Hafers durch Mais an Pferden gemacht hat. Diese leisten bei Fütterung mit Hafer entschieden mehr als mit der äquivalenten Menge Mais. Noch viel schädlicher erweist sich der Mais, wenn er die Hauptnahrung des Menschen bildet. Hier treten schwere Erkrankungen der Haut, der Darmschleimhaut und des Nervensystems auf, die man als Pellagra seit lange in den Mais bauenden Ländern kennt.

Die Entwicklung des Sehrohres für Tauchboote.

Von Dr. H. Erfle, Jena.

Im folgenden soll die Entwicklung des Sehrohres vom einfachsten an geschildert werden; auf Einzelheiten im inneren Aufbau kann dabei nur kurz eingegangen werden. Der Hauptzweck der folgenden Darstellung wäre erreicht, wenn sie das Verständnis für die optische Wirkung eines Sehrohres einem größeren Personenkreis vermittelt oder wenigstens fördert.

§ 1. Einfachstes Sehrohr (Spiegelsehrohr).

Das Sehrohr (Periskop) hat zunächst den Zweck, die Lichtstrahlen von einer im allgemeinen höher gelegenen Stelle (der Lichteintrittsöffnung) nach einer anderen Stelle zu leiten bei mindestens zweimaliger Knickung des Strahlenganges. Während bei der Verwendung eines festaufgestellten Sehrohres, beispielsweise an der Küste oder in einem Unterstand, auch stärkere Vergrößerungen mit Vorteil benutzt werden können, ist dieses nicht möglich bei den auf Tauchbooten angewandten Sehrohren. Hier ist ohnedies der Hauptzweck die Erzielung eines Übersichtsbildes, also ein möglichst großes Gesichtsfeld, wobei die Vergrößerung nahe bei 1 liegt.

Um die wesentlich im Anfang dieses Jahrhunderts erfolgte Entwicklung des Sehrohrbaues zu verstehen, wollen wir ausgehen von der einfachsten Vorrichtung, welche zu der oben angegebenen Weiterleitung von Lichtstrahlen dient; das sind zwei im wesentlichen zueinander parallele Spiegel S_1 und S_2 . Solche Vorrichtungen sind seit Jahrhunderten bekannt (Polemoskope), haben aber den Nachteil, daß das Gesichtsfeld, welches man von der Mitte P des Strahlenbüschels aus überblicken kann, sehr klein ist, wie man aus der Fig. 1 ersieht. Das Gesichtsfeld bei der Beobachtung durch ein solches Sehrohr entspricht genau der Beobachtung durch das Fenster eines Zimmers vom Hintergrund des Zimmers aus. Je weiter man von dem Zimmerfenster zurücktritt, desto kleiner wird das Blickfeld. Wollte man dasselbe vergrößern, dann müßte man sich entweder

von einer Stelle des Zimmers zur anderen bewegen, um so von verschiedenen Stellen des Zimmers aus der Reihe nach noch andere Punkte zu sehen oder noch zweckmäßiger, man müßte sich dem Fenster nähern.

§ 2. Einfaches Sehrohr mit Prismen-Umkehrsystem.

Die soeben erwähnte Annäherung des Beobachters an die Lichteintrittsöffnung besorgt bei einem richtig gebauten Sehrohr hauptsächlich eine Linse, die wir Feldlinse oder Kollektiv nennen. Manchmal kann allerdings diese Kollektivwirkung schon durch die anderen ohnedies vorhandenen Linsen erzeugt werden, so daß gar kein besonderes Kollektiv vorhanden zu sein braucht. Ein Sehrohr einfacher Art — wie es im allgemeinen bei Tauchbooten nicht zur Anwendung kommt, sondern beispielsweise nur beim bekannten Scherenfernrohr (dort allerdings nur für stärkere Vergrößerungen 10- und 20-mal) — entsteht, wenn man ein aus Objektiv O_1 und Okular O_2 gleicher Brennweite bestehendes astronomisches Fernrohr mit den beiden Spiegeln (oder mit entsprechenden Spiegelprismen) und mit einem Prismenumkehrsystem verbindet. Das Sehrohr gibt dann bei gleichem Durchmesser und gleicher Länge schon mindestens das doppelte Gesichtsfeld als das allereinfachste (in § 1 beschriebene) Sehrohr. Das Auge wird also gewissermaßen selbst in die Eintrittsöffnung verlegt, in deren Nähe die in der geometrischen Optik als Eintrittspupille bezeichnete Kreisfläche liegt. Die Linsen des Sehrohres erzeugen von dieser Kreisfläche ein Bild, das Austrittspupille genannt wird. Von dieser Austrittspupille (P') aus kann derselbe Gesichtsfeldwinkel überblickt werden wie von der Eintrittspupille (P). Den Strahlenverlauf⁴⁾ in einem einfachen Sehrohr mit Prismenumkehrsystem zeigt Fig. 2, in der die bildseitige Brennebene B_1 des Objektivs in die Feldlinse K fällt. Es ist auch noch ein Strahlenbüschel eingezeichnet, das von einem auf der optischen Achse gelegenen weit entfernten Gegenstandspunkt ausgeht und das aus dem Sehrohr mit gleichem Querschnitt wieder austritt, da die Sehrohrvergrößerung = 1 ist. (Sowohl den den Gegenstand darstellenden Pfeil G als auch den das Bild darstellenden Pfeil G' muß man sich in großer Entfernung denken.)

§ 3. Einfaches Sehrohr mit Linsenumkehrsystem.

Ein vollkommeneres Sehrohr von größerer Länge als in § 2 beschrieben wurde, wird erhalten dadurch, daß man die beiden ablenkenden

⁴⁾ Für die Randpunkte des Gesichtsfeldes sind nur die „Hauptstrahlen“ eingezeichnet. In der Fig. 2 und in allen folgenden den Strahlenverlauf in Sehrohren darstellenden Figuren sind die den beiden Randpunkten des „Achsenschnittes“ entsprechenden Hauptstrahlen durch verschiedene Strichelung und durch die Zahl der Pfeile voneinander unterschieden worden. Die ausgezogenen Linien stellen die vom Mittelpunkt des dingseitigen Gesichtsfeldes ausgehenden Strahlen dar.

Spiegelprismen zusammen mit zwei hintereinandergeschalteten astronomischen Fernrohren benutzt. Wir wollen der Einfachheit halber gleich den Fall behandeln, daß diese beiden Fernrohre zusammen (also mit anderen Worten das gesamte Sehrohr) nicht einfache Vergrößerung

kommt. Da man aber bei Benutzung eines solchen optischen Instrumentes (also beim Blicken durch eine mit Linsen und Blenden versehene Röhre) im Falle der einfachen Vergrößerung noch den Eindruck hat, als ob das Instrument verkleinernd wirkte, gibt man dem Sehrohr meist

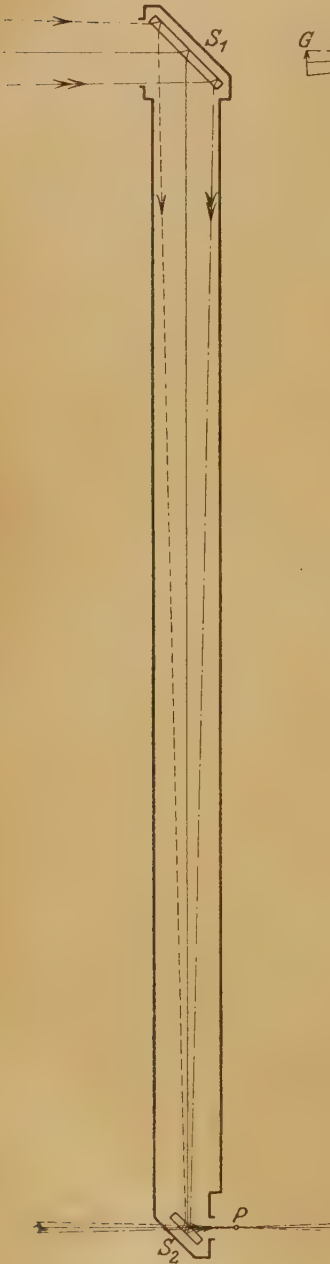


Fig. 1.
Einfachstes Sehrohr.
(Spiegelsehrohr.)

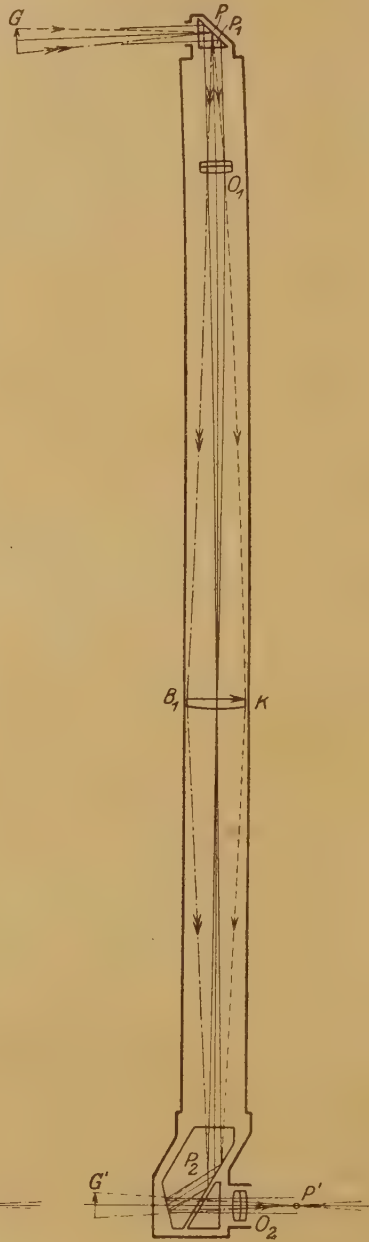


Fig. 2.
Einfaches Sehrohr mit
Prismen-Umkehrsystem.



Fig. 3.
Einfaches Sehrohr mit
Linsen-Umkehrsystem.

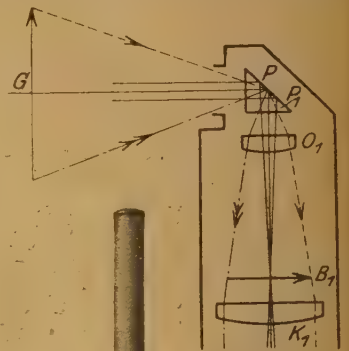


Fig. 3a.
Objektivkopf
des in Fig. 3
dargestellten
Sehrohres.



Fig. 4.
Einfach. Sehrohr.
($1/40$ nat. Gr.)



Fig. 5.
Oberes
Ende
eines Seh-
rohres
mit ver-
jüngtem
Oberteil.
($1/14$ n. Gr.)

haben. Würde das obere astronomische Fernrohr beispielsweise 20-mal verkleinern, dann müßte das untere 20-mal vergrößern, damit als Gesamtwirkung die einfache Vergrößerung heraus-

die Vergrößerung 1,5-mal, wobei das Gesichtsfeld bei den üblichen Sehrohrkonstruktionen 40° ist. Dieses Gesichtsfeld wird durch die Wirkung des Sehrohres dem Auge als Winkelbereich von 60°

dargeboten. Optisch stünde nunmehr ein Mittel zur Verfügung, Sehrohre beliebiger Länge zu bauen, falls nicht mechanisch der Länge eine Grenze gesetzt wäre wegen des Durchbiegens des Sehrohres bei großer Fahrtgeschwindigkeit, verursacht durch den Wasserwiderstand, und wegen der durch die Schiffsmotoren verursachten Schwingungen.

Wir haben aber auch noch eine optische Begrenzung der Sehrohlänge zu besprechen, die dadurch bedingt ist, daß das Sehrohr von einem und demselben Punkt des Gesichtsfeldes gewissermaßen nicht nur einen Lichtstrahl, sondern einen möglichst weitgeöffneten Lichtstrahlenkegel aufnehmen soll. Die Spitze dieses Kegels (der wegen der großen Entfernung des betrachteten Gegenstandes nur einen kleinen Öffnungswinkel hat) liegt in dem betrachteten Gegenstandspunkt. Das durch das Sehrohr erzeugte Bild liegt praktisch im Unendlichen, d. h. das Auge kann bei entspannter Akkommodation beobachten. Alle die vorhin genannten Lichtstrahlenkegel werden bei der durch das Sehrohr vermittelten Abbildung zu Zylindern, die eine Kreisfläche gemeinsam haben, welche senkrecht zur optischen Achse liegt und Austrittspupille (P') genannt wird¹⁾. Der Querschnitt eines jeden solchen Zylinders soll möglichst groß sein oder doch mindestens so groß, daß sein Durchmesser den bei heller Beleuchtung ungefähr 2 mm betragenden Durchmesser der Pupille des Menschenauges übertrifft, damit nicht das Sehrohr den Strahlenquerschnitt herabsetzt. Größere Austrittspupille als 2 mm ist aber für den Beobachter schon deshalb angenehm, um schnell die richtige Stelle zu finden, von der aus das gesamte Gesichtsfeld zu überblicken ist.

Bei etwas kürzeren Sehrohren kann das Okular des oberen Fernrohres mit dem Objektiv des unteren Fernrohres zu einem aus Sammel- und Zerstreuungslinse bestehenden achromatischen Linsensystem vereinigt sein.

Es sei noch erwähnt, daß die Sehrohlänge, gemessen von der Eintrittsachse bis zur Okularachse (Austrittsachse), meist 6 bis 7 m beträgt.

Fig. 3 stellt den optischen Teil eines einfachen Sehrohres mit Linsenumkehrsystem dar, und zwar sind P_1 , P_2 die beiden ablenkenden Spiegelprismen, O_1 , O_2 Objektiv bzw. Okular des oberen astronomischen Fernrohres, K_1 dessen Feldlinse, oberhalb deren die Brennebene B_1 des Objektivs O_1 liegt. O_3 ist das Objektiv des unteren astronomischen Fernrohres; das Okular des unteren Fernrohres besteht aus der Feldlinse K_2 und der Augenlinse O_4 . (G und G' hat man sich wieder in großer Entfernung vorzustellen.) Die Linsen

¹⁾ Je kleiner der Durchmesser der Austrittspupille ist, desto näher beieinander verlaufen die ausgezogenen Strahlen in den Figuren 2, 3, 6, 12. Zur Erreichung einer möglichst deutlichen Darstellung wurde der Durchmesser der Austrittspupille im Verhältnis zur Sehrohlänge größer angenommen als der Wirklichkeit entspricht.

O_2 und O_3 bilden zusammen das „Linsenumkehrsystem“¹⁾.

Fig. 4 zeigt das Äußere eines solchen Sehrohres, das von der Lichteintrittsöffnung bis zum Okular überall gleichen Durchmesser hat.

§ 4. Sehrohr mit verjüngtem Oberteil und mit Vergrößerungswechsel.

In § 3 hatten wir angenommen, daß der Rohrdurchmesser an verschiedenen Stellen des Sehrohres derselbe sein soll. Es stellte sich aber bei der Benutzung des Sehrohres im Laufe der Zeit heraus, daß es zweckmäßig ist, das Oberteil des Sehrohres mit kleinerem Durchmesser auszuführen als das Hauptrohr (siehe Fig. 5), damit nämlich das über die Wellenkämme herausragende Sehrohrerteil vom Feinde aus möglichst schwer zu erkennen ist. Um diese Verkleinerung des Oberteils zu erreichen, muß das obere astronomische Fernrohr in seiner inneren Brennebene kleineren Durchmesser als bei § 3 bekommen. Dafür muß dann, falls man das untere astronomische Fernrohr aus Fall 3 beibehalten will, auch das Okular des oberen astronomischen Fernrohres kürzere Brennweite bekommen. Man nimmt dann meistens, um den unteren Durchmesser nicht vergrößern zu müssen, mit in Kauf, daß nach den Randteilen des Gesichtsfeldes zu allmählich nicht mehr die volle Austrittspupille wirksam ist.

So wie sich im Laufe der Zeit herausstellte, daß das Oberteil verjüngt werden soll, so wurde auch bald die Forderung gestellt, außer der Vergrößerung 1,5-mal in einem und demselben Sehrohr noch stärkere Vergrößerungen einschalten zu können, beispielsweise 6-mal, um mehr Einzelheiten zu erkennen. Der naheliegende und beispielsweise beim Scherenfernrohr beschrittene Weg, durch Einschaltung mehrerer Okulare die Vergrößerung zu ändern, hat vor allem den Nachteil, daß die Austrittspupille um so kleiner wird, je stärker die Vergrößerung wird, da die Austrittspupille das durch das Sehrohr okular entworfene Bild des mit Lichtstrahlen erfüllten zwischen den Umkehrsystemteilen O_2 und O_3 befindlichen Querschnittes ist.

Man wählt daher bei den Tauchbootssehrohren, um diesen Nachteil zu vermeiden, den Ausweg, daß man die Objektivbrennweite ändert. Es kann dann durch geeignete Wahl der Objektivabmessungen erreicht werden, daß der Durchmesser und die Lage der Austrittspupille bei beiden Vergrößerungen unverändert bleibt. Es wird lediglich bei der Steigerung der Vergrößerung von 1,5 auf 6-mal das Gesichtsfeld von ungefähr 40° auf den vierten Teil, also auf 10°, abnehmen. In der Fig. 6 ist als Beispiel eines solchen Vergrößerungswechsels nur eine Möglichkeit erörtert worden, die der Firma Zeiß durch

¹⁾ Bei der Darstellung der Linsen in Fig. 3 und 4 und auch in den folgenden Figuren ist auf Einzelheiten (Größe der Radien und Anordnung von Kittflächen) nicht eingegangen worden.

Deutsches Reichspatent Nr. 237 072 vom 22. April 1910 geschützt ist. Außer dieser Möglichkeit führen Zeiß, Goerz und andere Firmen noch andere Arten des Vergrößerungswechsels aus, deren Anführung und Besprechung hier zu weit führen würde.

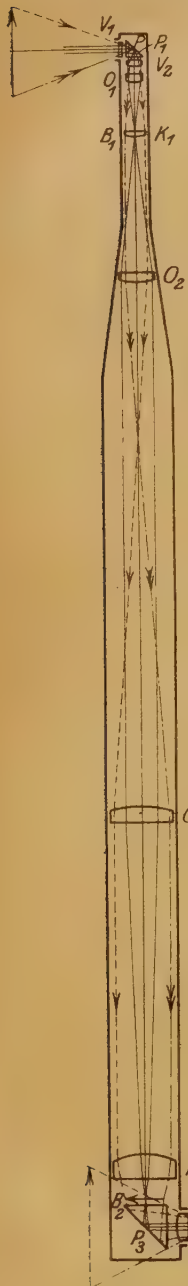


Fig. 6.
Sehrohr mit verjüngtem
Oberteil und mit
Vergrößerungswechsel.

Fig. 6a.
Objektivkopf des in Fig. 6
dargestellten Sehrohrs bei
Einschaltung des vergrößernden
Vorschaltfernrohrs.

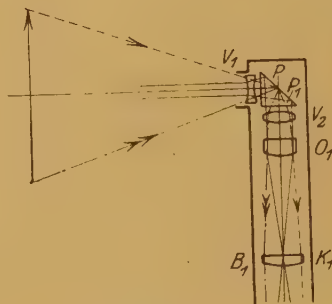


Fig. 6b.
Objektivkopf des in Fig. 6
dargestellten Sehrohrs bei
Einschaltung des verkleinernden
Vorschaltfernrohrs.

sam (siehe auch Fig. 6b). Fig. 6a zeigt dagegen die bei der starken Vergrößerung wirksamen Linsen V_1' , V_2' eingeschaltet und die Anordnung der bei Fig. 6a unwirksamen Linsen V_1 , V_2 und des Prismas P_1 auf der Rückseite des Prismas P_2 .

Die Umschaltung von einer Vergrößerung zur anderen geschieht bei einem älteren Sehrohr, dessen Okularkopf in Fig. 7 dargestellt ist, durch Drehen des einen Handgriffes um seine Achse; bei einem neueren Sehrohr, dessen Okularkopf in Fig. 8 dargestellt ist, durch Drehen der Kurbel K von einem Anschläge bis zum anderen. Solche Sehrohre mit zwei verschiedenen Vergrößerungen

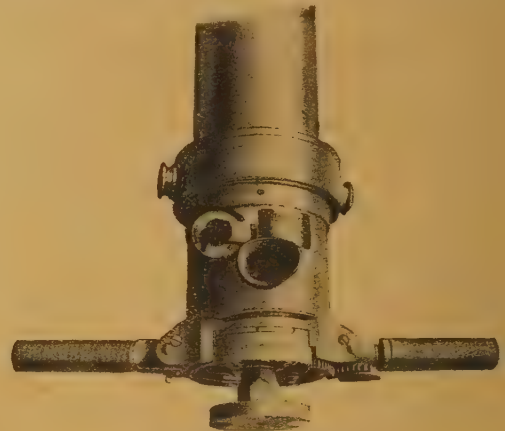


Fig. 7. ($\frac{1}{10}$ nat. Gr.) Okularkopf eines älteren Sehrohrs mit Vergrößerungswechsel.

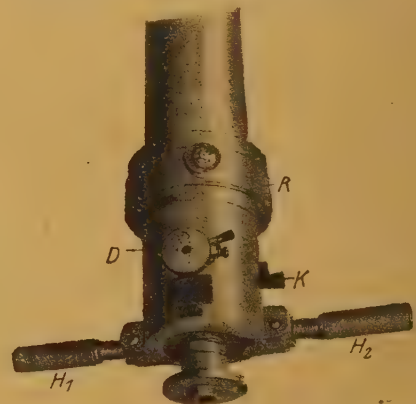


Fig. 8. ($\frac{1}{12}$ nat. Gr.) Okularkopf eines neueren Sehrohrs mit Vergrößerungswechsel. Es ist noch der Doppelbildentfernungsmesser auf das Okular aufgesetzt. (Siehe § 13 und Fig. 24.)

wurden häufig bifokale Sehrohre genannt. Es sei noch erwähnt, daß die Übertragung der Bewegung vom Antrieb am Okularende zu den umzuschaltenden Linsen und Prismen, die sich im Objektivkopfe befinden, im Innern des Sehrohrs mittels eines Drahtseiles erfolgt.

Fig. 6 stellt den Strahlengang dar in einem Sehrohr mit verjüngtem Oberteil und Vergrößerungswechsel; und zwar bilden die Linsen V_1 , V_2 ein verkleinerndes holländisches Fernrohr, sind also bei der schwachen Sehrohrvergrößerung wirk-

Das Rohr, in dem die Linsen gelagert sind, besteht aus antimagnetischem Nickelstahl, um Beeinflussungen des Kompasses durch das Sehrohr zu vermeiden (außerdem mit Rücksicht auf die Festigkeit und Rostsicherheit), und hat in seinem Hauptteil überall möglichst

genau denselben Durchmesser, damit es in allen Höhenlagen in die ebenfalls gleichmäßig im Durchmesser ausgeführte Stopfbüchse paßt. Das Sehrohr kann mittels Windwerkes durch Vermittlung eines Ringes R (Fig. 8), in dem das Sehrohr drehbar aufgehängt ist, auf und ab bewegt werden. Ferner kann der Beobachter, indem er an den beiden Handgriffen H_1 und H_2 (Fig. 8) anfaßt, das Rohr um die senkrechte Achse drehen, um so der Reihe nach verschiedene Stellen des Horizontes abzusuchen. Der Beobachter muß dabei, wenn er den ganzen Winkelbereich 360° der Reihe nach absuchen will, einmal um das Sehrohr herumgehen. Da im Kommandoturm wenig Platz ist, wird das Okular so nahe wie möglich an die Rohrmitte herangebracht. Die Art der Passung des Sehrohres in der Stopfbüchse wird gerade so gewählt, daß das Sehrohr sich von Hand nicht zu schwer drehen läßt und daß trotzdem die Wasserdichtigkeit beim Tauchen in größere Tiefen noch genügt. Es sei hier gleich erwähnt, daß alle äußeren Teile des Sehrohres auf Wasserdruck geprüft sind, meist 10 atm. Auch das Okularende wird geprüft, ob es einem großen Innenüberdruck standhält, damit beim Bruche des oberen Teiles des Sehrohres das in das Rohr eingedrungene Wasser nicht durch das Okular hindurch in das Unterseeboot gelangen kann. Etwas teurer als die soeben beschriebene Bauart ist die mit drehbarem Innenrohr. Alle optischen Teile des Sehrohres einschließlich des Eintritts- und des Abschlußfensters sind bei diesem in einem besonderen Rohr gefaßt, das sich in einer im Außenrohr oben angebrachten wasserdichten Stopfbüchse dreht. Man braucht dann beim Absuchen des Horizontes nicht mehr die verhältnismäßig große Kraft zum Drehen des Sehrohres aufzuwenden. Anstatt dieser Bauart mit wasserdichter oberer Stopfbüchse kann auch eine andere, jedoch nicht so empfehlenswerte Bauart ausgeführt werden, bei der das Außenrohr oben eine Glashaube trägt, die nichts weiter ist, als ein aus einer Glashohlkugel von nicht zu kleiner Dicke herausgeschnittener Gürtel, dessen Achse mit der senkrechten Sehrohrachse zusammenfällt. Die schwache Linsenwirkung einer solchen Abschlußhaube wird in den übrigen Linsen des Sehrohres berücksichtigt.

§ 5. Rundblicksehrohr.

Falls man nicht die Bedingung stellt, daß das im Sehrohr erscheinende Bild stets aufrecht bleibt, kann auch der gesamte Horizont abgesucht werden bei fester Stellung des Beobachters, indem man lediglich das Eintrittsspiegelprisma P_1 um die senkrechte Achse um 360° dreht. Dann steht aber nach Drehung um 180° das Bild, wie die nebenstehende Fig. 9 darstellt, auf dem Kopf; mit anderen Worten, das Bild hat sich gleichzeitig mit dem Prisma um denselben Winkel um

1) Die Griffhülsen dieser beiden Handgriffe sind ausziehbar, damit der Beobachter nach Bedarf auch ein größeres Drehmoment ausüben kann.

die optische Achse gedreht, wenn man vom Ausblick nach vorwärts (Gegenstand durch Pfeil G_v dargestellt) zum Ausblick nach rückwärts übergeht (Gegenstand durch Pfeil G_r dargestellt). Dieses „Stürzen“ des Bildes vermeidet das (Panoramasehrohr) Rundblicksehrohr, das hauptsächlich von Goerz, aber auch von Zeiß und anderen Firmen gebaut wurde, und das wenigstens in bezug auf das darin vorkommende Amicische Reflexionsprisma so ähnlich ge-

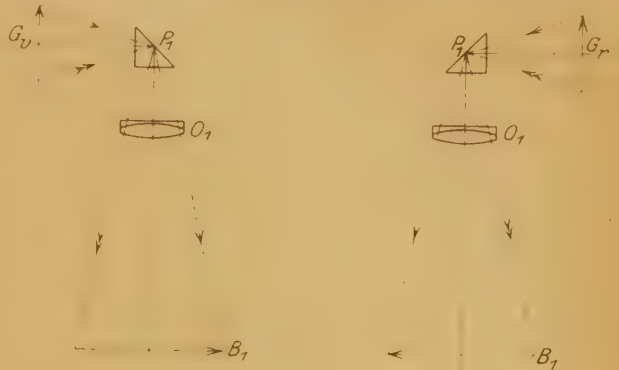


Fig. 9.
Wirkung der Drehung des Eintrittsspiegelprismas um die Sehrohrachse.

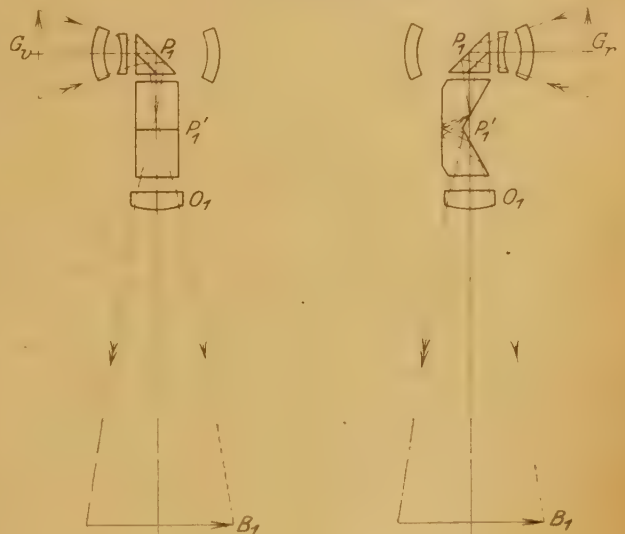


Fig. 10.
Objektivkopf eines Panoramasehrohres. Wirkung der Drehung des Eintrittsspiegelprismas und des Aufrichtepismas beim Übergang der Blickrichtung von vorwärts nach rückwärts.

baut ist, wie das Rundblickfernrohr (Panoramafernrohr) für Feldgeschütze. Es enthält als wesentliches Element ein Prisma mit einer oder einer ungeraden Anzahl von Reflexionen, dessen Hauptschnitt in allen Prismenstellungen der senkrechten Sehrohrachse parallel ist und das derart mit dem Eintrittsspiegelprisma mittels Zahnradgetriebes gekuppelt ist, daß es sich nur halb so schnell als das obere Prisma dreht.

In dem gezeichneten Beispiel (Fig. 10) hat

das Aufrichtepisma 3 Reflexionen im Hauptschnitt. Das Eintrittsprisma P_1 ist ein Dachprisma. Beim Blick nach vorn (G_n) wird die seitenumkehrende Wirkung der beiden Dachflächen (des Dachprismas P_1) durch die Spiegelwirkung des Reversionsprismas P_1' aufgehoben. Wird das Eintrittsprisma um 180° nach rechts gedreht, dann folgt das Aufrichtepisma P_1' nur um 90° . Es ist also eine Reflexion im Sehrohrhauptschnitt dazu gekommen und eine Spiegelung senkrecht zum Sehrohrhauptschnitt, so daß das Bild eines rückwärts gelegenen aufrechten Gegenstandes G_r wieder aufrecht erscheint und in bezug auf die Seite so, wie er einem Beobachter erscheinen würde, der vom Eintrittsfenster aus nach dem Gegenstand blickt, mit anderen Worten: das Bild B_1 aller Punkte einer senkrecht zur jeweiligen Eintrittsachse stehenden Fläche bleibt im Sehrohr an derselben Stelle, wo auch diese Fläche sich am Horizonte befinden möge. Ein Rundblicksehrohr kann überdies so eingerichtet werden, daß der Beobachter durch einen beweglichen Zeiger im Sehrohr gleichzeitig beobachten kann, nach welcher Richtung in bezug auf das Unterseeboot er ausblickt. Auch ist es möglich, eine Einrichtung zu treffen, die gestattet, ein und dasselbe Sehrohr wahlweise als Rundblicksehrohr oder als Rundgangsehrohr zu benutzen. Rundblicksehrohre haben keine große Anwendung gefunden, weil es dem Beobachter immer natürlicher vorkommt, den Wechsel der Blickrichtung gewissermaßen am eigenen Körper zu empfinden, durch Rundgang um das Sehrohr.

(Schluß folgt.)

Die Verbreitung von Früchten durch die Luftbewegung.

Von Dr. Wilhelm Schmidt, Wien.

Der Wind spielt für die Verbreitung von Früchten verschiedenster Art eine große Rolle; rechnet man aber unter naheliegenden Annahmen aus, wie weit sie tatsächlich vertragen werden können, so erhält man bloß geringe, offenbar bedeutend zu niedrige Entfernungen. Ein Löwenzahnfrüchtchen z. B. sinkt nach Versuchen im Zimmer um durchschnittlich $c = 10$ cm in der Sekunde abwärts. Nehmen wir nun an, der Fruchtstand, von dem es sich ablöst, befinde sich in $h = 30$ cm Höhe, so kommt es in $h/c = 3$ Sekunden zu Boden. Herrscht gleichzeitig Wind von der Geschwindigkeit $v = 6$ m/sec, also doch schon ein lebhafter, so wird es während seines Absinkens um $v \cdot h/c = 18$ m in wagrechter Richtung vertragen; soweit würde es unter diesen Umständen verstreut.

Der bloße Augenschein belehrt uns aber, daß hier noch ein wesentliches Bestimmungsstück fehlen muß: sehen wir doch bei solchem Wind die kleinen Früchtchen weite Reisen machen, durchaus nicht gleichförmig absinken, sondern einmal weit in die Höhe steigen, dann wieder rasch

herabgedrückt werden. Das weist nun auf den eigentlichen Unterschied: die Luft im Freien strömt durchaus nicht geordnet in wagrechten Schichten über den Boden hin, die Bahnen der einzelnen Teilchen kreuzen sich vielmehr in verwickelter Weise, ganze Massen steigen auf, andere wieder ab, kurz; es ist der Zustand der ungeordneten, turbulenten Bewegung. Erst wenn man diese Bewegungsart wenigstens in ihrer charakteristischen Wirkung — das ist die Mischung — durch Gesetz und Zahl einfach erfassen kann, wird eine ausreichende Antwort auf die hier aufgeworfene Frage möglich. Tatsächlich genügt nun nach rein meteorologischen Untersuchungen¹⁾ für jenen Zweck bereits ein einziger Begriff, der des „Austausches“, dessen Größe durch eine Zahl A von der Dimension $\text{cm}^{-1} \text{ g sec}^{-1}$ festgelegt ist. Große Werte des A , etwa solche über 20 der erwähnten Einheit, entsprechen lebhafter Mischung, also turbulentem Luftzustand — meist bei stärkerem Wind —, kleine A ruhigerem Fließen der Luft — in der Regel bei geringer Windgeschwindigkeit. Wir werden den folgenden Zahlenrechnungen $A = 20$ zugrundelegen.

In welcher Weise beeinflußt nun die ungeordnete Bewegung die Verbreitung von Früchten und dergleichen? Denken wir uns etwa zunächst den einfachen Fall, daß an einem bestimmten Punkte, etwa dem Fruchtkörper eines auf einem Baume wachsenden Pilzes, plötzlich eine größere Anzahl Sporen der Luft übergeben wird. Deren Sinkgeschwindigkeit sei so vollkommen zu vernachlässigen, daß jede Spore dauernd in dem kleinsten Luftteilchen bleibe, in das sie zuerst gelangte. Durch das erwähnte ständige Mischen der Luft wird dann die anfänglich auf engen Raum zusammengedrückte Sporenwolke auseinandergerissen, sie breitet sich mit der Zeit aus, greift auch auf benachbarte Höhen über. So wird — $A = 20$ vorausgesetzt — nach 10 Sekunden im Bereich von 140 cm oberhalb bis 140 cm unterhalb der Ausgangshöhe nur noch rund $\frac{1}{2}$ aller Sporen enthalten sein, $\frac{1}{2}$ aller finden sich im Bereich von 700 cm darüber bis ebensoviel darunter usw. Die Ausbreitung dringt beiderseits 2-, 3-, 4-mal soweit nach 4-, 9-, 16-mal so langer Zeit vor.

Gerechnet sind diese Werte auf Grund von Formeln, die sich ganz denen der gewöhnlichen Wärmeleitungstheorie anschließen, wenn man den Temperaturleitungskoeffizienten in diesen durch A/ρ ersetzt ($\rho =$ Luftdichte, für die wir $1,293 \cdot 10^{-3}$ wählen). So erhält man dann auch²⁾

¹⁾ Vgl. z. B. Wilhelm Schmidt, Der Massenaustausch bei der ungeordneten Strömung in freier Luft und seine Folgen. Wien. Sitzber. d. math.-nat. Kl. IIa. 126, 757 (1917).

²⁾ Die ausführlichere Ableitung findet sich in dem Aufsatz, aus dem dieser einen kurzen Auszug darstellt: Die Verbreitung von Samen und Blütenstaub durch die Luftbewegung. Österr. botan. Zeitschr. 1918. S. 313. Dort ist aber ein Versehen richtigzustellen: Es soll in allen Formeln für z , T , F oder Z statt η richtig η^2 stehen. Glücklicherweise bleibt trotz dieses

für den Bruchteil α aller Sporen, der sich t Sekunden nach dem Ausstreuen in einer Höhe von mindestens z cm oberhalb der Ausstreuungshöhe befindet, den Ausdruck:

$$\alpha = \frac{1}{2} \{ 1 - \Phi(\eta) \},$$

$$\text{wo } \eta = \frac{z}{2\sqrt{\frac{A}{q}t}} \text{ und } \Phi(\eta) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\eta e^{-\xi^2} d\xi.$$

ein u. a. auch in der Wahrscheinlichkeitsrechnung auftretendes Integral, dessen Wert Tabellen zu entnehmen ist. Es entspricht so:

$$\alpha = 0,5 \quad 0,4 \quad 0,2 \quad 0,1 \quad 0,01 \quad 0,001 \quad 0,0001$$

$$\eta(\alpha) = 0 \quad 0,179 \quad 0,595 \quad 0,906 \quad 1,645 \quad 2,18 \quad 2,63$$

Daraus folgt z. B. nach der Definition des η , daß sich nach t Sekunden gerade ein Zehntel aller Sporen ($\alpha = 0,1$, dementsprechend $\eta(\alpha) = 0,906$) in mindestens der Höhe z befindet, die gegeben ist durch

$$z = 2 \cdot \eta(\alpha) \cdot \sqrt{\frac{A}{q}t} \text{ oder } 0,906 \cdot 244 \cdot \sqrt{t},$$

wenn wir auch die andern Zahlenwerte einsetzen.

Das gilt alles nur, wenn die Sporen gegenüber der sie umgebenden Luft gar nicht absinken; der Fall eines merklichen Absinkens (konstant mit der Geschwindigkeit c cm/sec) bietet jedoch auch keine wesentliche Schwierigkeit mehr. Man wird die Verteilung der Sporen- oder Fröchtchenwolke zur Zeit t erhalten, wenn man ihre Verteilung bei vollkommenem Schweben rechnet und dann die ganze Wolke um die Strecke, die jedes einzelne Teilchen für sich abgesunken wäre, das ist um $c \cdot t$, tiefer gerückt denkt. Man findet dann als Mindesthöhe für den Bruchteil α

$$z = 244 \cdot \eta(\alpha) \sqrt{t} - c \cdot t.$$

Das Hinzutreten des zweiten Gliedes rechts ändert den Fall gegenüber dem früheren dahin, daß nunmehr alle Früchte schließlich zu Boden kommen, während sonst rund die Hälfte dauernd in der Luft blieb.

Nach welcher Zeit kommt aber alles bis auf den Bruchteil α zu Boden? Offenbar, wenn in der letztgeschriebenen Formel z gerade Null wird. Man erhält so die Mindestflugzeit T aus

$$\sqrt{T} = 244 \cdot \eta(\alpha)/c \text{ zu } T = 61870 \cdot \eta(\alpha)^2/c^2.$$

Multipliziert man die Zeit T noch mit der Windgeschwindigkeit v (mit dieser werden die Früchte wagrecht vertragen), so erhält man die Mindestflugweite F des betrachteten weitestvordringenden Bruchteils

$$F = v \cdot T = 61870 \cdot v \cdot \eta(\alpha)^2/c^2.$$

Wir wählen zur Veranschaulichung für v den Wert 6 m/sec als runden Mittelwert der Zeiten, die für Samenverbreitung am ehesten in Betracht kommen; dann wird, wenn wir c in cm/sec, F aber in Kilometern angeben:

$$F = 371 \cdot \eta(\alpha)^2/c^2.$$

Fehlens alles Wesentliche erhalten. Die mittleren Verbreitungsgrenzen, die dort gegeben sind, gelten unverändert, wenn man statt $v = 10$ m/sec eine mittlere Windgeschwindigkeit von $v = \text{rund } 6$ m/sec voraussetzt.

Nunmehr ein wirkliches Beispiel: für Löwenzahnfröchtchen wurde, wie eingangs erwähnt, $c = 10$ cm/sec gefunden. Nimmt man eine Stufenreihe der Bruchteile α an, sucht für jeden das entsprechende $\eta(\alpha)$ und setzt es in die Formel ein, so ergibt sich:

Der Bruchteil aller Sporen α	bleibt mindestens in der Luft T sec	und gelangt bis mindestens F km	Von 100 000 Früchten kommen auf 100 m Entfg. nieder
0,5	0	0	8400
0,4	19,9	0,119	1680
0,2	219	1,31	574
0,1	508	3,05	129
0,01	1680	10,1	12
0,001	2940	17,6	1
0,0001	4280	25,7	

Diese Zahlen zeigen klar den ausschlaggebenden Einfluß der ungeordneten Bewegung: während die doch gut fliegenden Fröchtchen in ruhig strömender Luft (vgl. eingangs) nur eine Anzahl Meter von ihrem Ausgangspunkt weg vertragen werden, gelangt nunmehr ein ganz erheblicher Bruchteil in kilometerweite Entfernungen, so z. B. von 100 durchschnittlich eines bis 10 km. Allerdings wird man hier auch die Grenze der Hauptverbreitung ansetzen, denn weiterhin werden sie recht selten und von 10 000 gelangt kaum eines bis in dreifachen Abstand. Die Abnahme der Streudichte mit zunehmendem Abstand wird noch deutlicher aus der letzten Spalte der Tabelle. Hier ist angenommen, daß 100 000 Fröchtchen an die Luft abgegeben werden. Davon überfliegt z. B. ein Zehntel, d. i. 10 000, den Abstand von 3,1 km, ein Hundertstel, d. i. 1000, einen von 10,1 km. Der Unterschied zwischen beiden, d. i. 9000, kommt zwischen diesen beiden Grenzen zu Boden, verteilt sich also, da man ja einheitliche Windrichtung annehmen darf, auf eine Strecke von 10,1—3,1 = 7,0 km. In dieser Zone entfallen demnach auf 100 m durchschnittlich 9000/70 = 129 Fröchtchen, die liegen bleiben. Auf gleichem Wege wurden auch die anderen Zahlen ermittelt. Nach diesen hätte man etwa die Entfernung, in welche noch $1/100$ aller Früchte gelangt, als die Grenze der hauptsächlichsten Verbreitung anzusehen; daß eine dreimal soweit vertragen werde, ist bereits äußerst unwahrscheinlich.

Legt man jene Angabe dem Begriff der mittleren Verbreitungsgrenze V zugrunde, so kann man diese auch für andere Früchte bestimmen, sobald nur ihre Sinkgeschwindigkeit c in ruhender Luft bekannt ist; es wird ja $V = 1006/c^2$. Untersuchungen über c stammen von H. Dingler³⁾, andere, an Sporen, von John Zeleny und L. W. Mc. Keehan⁴⁾. Ich greife nur einige davon heraus:

³⁾ Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane, München 1889.

⁴⁾ Physikalische Zeitschrift 11, 78 (1910).

Sporen bzw. Früchte von	Sinkgeschwindigkeit c , cm/sec	Mittlere Verbreitungsgrenze V , km
Bovist, Lykoperdon	0,047	460 000
Haarmützenmoos, Polytichum	0,23	19 000
Bärlapp, Lycopodium	1,76	330
Löwenzahn, Taraxacum officinale	10	10,1
Birke, Betula verrucosa	25	1,61
Zanonia javanica	37	0,73
Fichte, Picea excelsa	57	0,31
Tanne, Abies pectinata	106	0,09
Esche, Fraxinus excelsior ..	200	0,03

Der erste Eindruck, den man von den natürlichen nur als Mittelwerten aufzufassenden Zahlen erhält, ist der einer außerordentlichen Verschiedenheit der Verbreitungsgrenze; wäre in ruhiger Luft die Ausbreitungsmöglichkeit etwa verkehrt proportional der Sinkgeschwindigkeit c , so wird sie nun, unter dem Einfluß der ungeordneten Bewegung der Luft, verkehrt proportional dem Quadrat der Sinkgeschwindigkeit und dadurch rücken die einzelnen Arten so gewaltig auseinander.

Die ersten Zahlen sind natürlich nicht wörtlich zu nehmen: beträgt doch der Erdumfang selbst nur rund 40 000 km. Jene besagen bloß, daß die Sporen, z. B. von Bovist, beliebig weit wandern, wenn nicht andere Einflüsse entgegenwirken. Ein solcher, wohl der gewichtigste, ist der Umstand, daß sich der Wasserdampf im Freien bei eintretender Kondensation an allen in der Luft schwebenden Teilchen niederschlägt, also auch die Sporen in Tröpfchen einschließt und so schließlich wieder früher zu Boden bringt.

Die besten Flieger unter den einheimischen Früchten, die mit Haarkelch o. ä. versehenen, bringen ihr V bis über 10 km. Bei größeren Früchten kommt es durch häufige Säume zuweilen zu einer Art Schwebeflug, ähnlich wie bei den Flugzeugen. Das vielgenannte Beispiel dafür ist Zanonia, doch wird sie, wegen des viel geringeren Gewichtes, übertroffen durch unsere einheimische Birke. Die Früchte unserer Nadelbäume und der Esche erhalten sich durch die schraubenartigen Windungen, die sie beim Absinken vollführen, etwas länger in der Luft, was eine leichtere Verbreitung sichert. Dort, wo der Fall kaum durch ähnliche Hilfen gebremst ist, wirkt auch die ungeordnete Bewegung der Luft nur noch wenig. Man muß dann schon immer mehr die Erhebung des Ausstreupunktes über dem Boden, von der wir hier füglich absehen konnten, berücksichtigen, die Streuweite beträgt dann aber im allgemeinen nur einige Meter.

Andere pflanzliche Organe, deren Verbreitung außerordentlich wichtig für die Erhaltung der Art ist, sind die Pollenkörner der Windblüher, zu denen in unseren Gegenden z. B. die Nadel-

bäume und einige Getreidearten und Gräser gehören. Unmittelbare Messungen über ihre Sinkgeschwindigkeit fand ich keine, rechnete aber aus den Abmessungen nach der Stokesschen Formel, daß sie z. B. für die Rotföhre wahrscheinlich unter 5 cm/sec bleibt. Setzt man das in die Formel ein, so erhält man, daß 0,1, 0,01, 0,001, 0,0001 aller Pollenkörner bereits in Entfernungen von mindestens 12, 40, 71, 103 km vom blühenden Baum gelangt. Daher also die weite Verbreitung der als „Schwefelregen“ bekannten Erscheinung.

Alle die hier gebrachten Zahlen sind natürlich nicht als exakte Werte zu verstehen, ändert sich doch A zeitlich mit der Windgeschwindigkeit in sehr weiten Grenzen, hängt ebenso von der Höhe über dem Boden ab, dann von den Bewegungshindernissen der ganzen Umgebung usw. Auch der Wert $v = 6$ m/sec ist mehr oder weniger willkürlich angesetzt. Was die Zahlen aber bieten können, ist eine richtige Vorstellung von der Größenordnung der Entfernungen, bis zu welchen Früchte aller Art vertragen werden können, und den Einflüssen, die darauf wirken. So bringt ein Festhaften der Frucht oder ein Einschließen der Samen in Kapseln o. ä., aus denen sie erst ein stärkerer Wind herausschleudert, nicht bloß durch Erhöhung der Windgeschwindigkeit einen Vorteil, sondern einen wohl ebenso großen durch das damit steigende A . In jedem Einzelfall richtig ist aber das Verhältnis der mittleren Verbreitung der verschiedenen Arten. Geringe Erhöhung der Flugfähigkeit rückt deren Grenze bereits bedeutend weiter hinaus.

Besprechungen.

Die Kultur der Gegenwart. 3. Teil, 4. Abteilung, 4. Band. Abstammungslehre. Systematik. Paläontologie. Biogeographie. Unter Redaktion von R. Heitwig und R. v. Wettstein. Leipzig-Berlin, B. G. Teubner, 1914. IX, 620 S. und 112 Textabb. Preis geh. M. 20,—, geb. M. 22,— + Teuerungszuschlag.

Dieser Band des großen Sammelwerkes kann auf das Interesse besonders weiter Kreise rechnen; das Problem der Abstammungslehre ist ja durch seine Ausstrahlungen auf alle Gebiete geistigen Lebens eine Kulturfrage im höchsten Sinne. So ist es wohl berechtigt, seinen Inhalt trotz mehrjähriger Verspätung vor dem Leserkreise dieser Zeitschrift noch zu besprechen.

Alle Einzelaufsätze dieses Bandes stehen tatsächlich unter dem Zeichen der Abstammungslehre. Sie erschöpfen aber — das sei von vornherein betont — die Fragestellungen dieses Gebietes nicht restlos. Vielmehr wird hier nur die „deskriptive“ Abstammungslehre behandelt, d. h. es wird gezeigt, wie sich die moderne Systematik durch Auseinandersetzung mit dem Entwicklungsgedanken gestaltet hat, welche Belege die Verbreitung der Tiere und Pflanzen im Raume und in der Zeit sowie ihr Bau und ihre Entwicklung für den Deszendenzgedanken liefern. Der experimentelle Teil der Abstammungslehre findet sich im Bande: „Allgemeine Biologie“ dieses Werkes gesondert bearbeitet.

Der Eindruck, den der aufmerksame Leser aus der Gesamtheit aller Artikel erhält, weicht nicht unwesentlich von dem ab, den auch heute noch viele

populäre Darstellungen der Entwicklungslehre geben und kennzeichnet sehr gut den augenblicklichen Stand der Forschung auf diesen Gebieten. Die Abstammungslehre ist längst aus der Sturm- und Drangperiode heraus. An Stelle begeisterter Verherrlichung ist nüchterne Sachlichkeit und kritische Vorsicht getreten. Die Grundlinien der Lehre sind so fest im Denken aller Forscher verankert, daß ein eigentlicher Kampf um ihre Anerkennung gar nicht mehr nötig erscheint. Damit ist sie aber auch, und das ist besonders erfreulich, aus der Gefahr dogmatischer Verknöcherung herausgekommen. Die Schlagworte, mit denen man im Parteikampf den Gegner niederzuschmettern suchte, sind zersetzt und eine vertiefte Arbeit an all den Problemen, die die neue Weltanschauung aufgeworfen hat, ist im Gange. So sehen wir überall an Stelle der schematisch einfachen Konstruktionen des älteren Darwinismus verwickelte Einzelprobleme; Aufgaben, deren Lösung klar oder doch unmittelbar erreichbar schien, weichen wieder in ein unsicheres Zwielicht zurück. Neue Arbeitsmethoden sind entstanden, neue Forschungsgebiete erschlossen, überall herrscht neben einer gewissen Resignation hinsichtlich allgemein gültiger Lösungen reges, zukunftsfrohes Arbeiten an neuen Bausteinen. Bezeichnend dafür ist, daß wir in dem Werke viele Kapitel finden mit den Überschriften: Probleme der Zukunft, Aufgaben und Ziele u.ä.

Weiterhin ist bemerkenswert der ungleiche Anteil, den *Botanik* und *Zoologie* an diesem Werke haben. Die Pflanzenkunde tritt räumlich und auch inhaltlich für die Lösung stammesgeschichtlicher Fragen weit hinter die Tierkunde zurück. Der Grund liegt zum Teil im Material: die geringe Eignung zur Erhaltung der morphologisch wichtigen Organe verringert den Wert der fossilen Pflanzenreste; der einfachere Bau der heute lebenden Formen bietet weniger Ansatzpunkte zur Rekonstruktion der Stammbäume als bei den reicher gegliederten Tieren. Daher ist auch die Zahl der Botaniker, die sich mit diesen Problemen beschäftigen, wesentlich geringer als die der physiologisch-experimentell arbeitenden. Der einzige umfangreiche botanische Artikel dieses Bandes behandelt die Pflanzengeographie — hier ist die Botanik in der Eignung ihrer Objekte der Zoologie mindestens gleichwertig, wenn nicht überlegen.

Sehr erheblich hat sich aber gegen frühere Zeiten der Einfluß der *Paläontologie* verstärkt. Die zunehmende Fülle ihres Materials, die Verfeinerung ihrer Methoden, die Emanzipation ihrer Vertreter von der Geologie und ihre bessere Schulung in Anatomie und Biologie der heute lebenden Tier- und Pflanzenwelt geben ihren Resultaten immer größeres Gewicht und ermöglichen ihr, selbst biologische Probleme der vorweltlichen Lebewesen in Angriff zu nehmen, die man noch vor kurzer Zeit für unlösbar gehalten hätte. Eine Fülle von neuen Gesichtspunkten ist dadurch in den Vordergrund der Betrachtung gerückt; bisher sind allerdings die Probleme dadurch mehr verwickelt als vereinfacht worden.

So bietet dieser Band dem Leser eine Fülle von Anregungen; dem, der in eigener Arbeit den Problemen ferner steht, aber weniger scharfe und klare, leicht erfassbare Konturen, vielmehr ein Mosaikbild einzelner Steine, die durch ihre Formenmannigfaltigkeit und Buntheit die Umrisse des Gesamtbildes verschwimmen lassen.

Ein Referat über den Inhalt der einzelnen Referate des Bandes zu geben, ist natürlich unmöglich. Ein einleitender Artikel von *R. Hertwig* über die Abstam-

mungslehre gibt gleichsam den Rahmen des Ganzen. Der gereifte Forscher, dessen Lebensarbeit fast mit allen Problemen der Deszendenzlehre innig verknüpft ist, zeichnet auf knappem Raum ein mustergültig klares Bild der Grundlinien des Gedankengebäudes. Bei den Erörterungen über die Ursachen der Artbildung ist bezeichnend die vorsichtige Zurückhaltung in der Bewertung der verschiedenen Theorien über die treibenden Kräfte. Es gibt für *Hertwig* kein allein seligmachendes Prinzip, sondern im Wechselspiel zahlreicher umbildender Faktoren schreitet die Differenzierung der Organismen vorwärts. An einigen prägnanten Beispielen werden dann die Spuren dieser historischen Umgestaltung an Bau, Entwicklung und Verbreitung der heute lebenden Formen gezeigt und die dabei auftretenden Gesetzmäßigkeiten geschildert.

Die Prinzipien der Abstammungslehre mit besonderer Berücksichtigung des Systems der Tiere bespricht *L. Plate*. Mit der ihm eigenen Fähigkeit zu scharfer Zuspitzung der Begriffe gelingt es ihm, eine klare Einsicht in die verwickelte Terminologie der systematischen Grundbegriffe zu geben, die für jeden, der sich mit der einschlägigen Literatur beschäftigen will, äußerst nützlich ist. Es zeigt sich deutlich, daß Systematik als Ordnungslehre mit ihrem Streben nach scharfen und handlichen Unterscheidungen und das Suchen nach dem historischen Zusammenhang der Lebewesen, nach „Stammbäumen“ Gegensätze sind, die für die praktischen Arbeitsbedürfnisse auf Kompromisse angewiesen sind. Eine kurze Übersicht über das System der Pflanzen von *R. v. Wettstein* ergänzt diese Ausführungen nach der botanischen Seite.

Die geographische Verbreitung der Tiere wird von *A. Brauer*, die der Pflanzen von *A. Engler* behandelt: eine kurze Einführung in die allgemeinen Prinzipien der Biogeographie schickt *Brauer* den Spezialbetrachtungen voraus. Hier werden, besonders im botanischen Teil, eine Menge von Einzeltatsachen geboten, die auf den nicht Fachkundigen leicht ermüdend wirken könnten. Aufgefallen ist mir, daß keiner der beiden Bearbeiter die Simrothsche Pendulationstheorie erwähnt. Mag man sie persönlich auch ablehnen, so hätte dieser großzügige Erklärungsversuch, der als einziger ein allgemeines Prinzip den mannigfachen Verschiebungen der Organismen auf der Erdoberfläche zugrunde legt, in einem solchen Werke wohl eine Erwähnung verdient.

Die Paläontologie hat *O. Abel* für die zoologischen, *W. J. Jongmans* für die botanischen Objekte bearbeitet. *Abel* schildert in sehr origineller und lebendiger Art die Herausbildung der Paläontologie als Wissenschaft, ihr Material und ihre Methoden. Hierbei gibt er Richtlinien für die weitere Forschung und Winke für den praktischen Ausbau der Fossilienkunde, z. B. Anweisungen für Sammlungen und für die Popularisierung der Paläozoologie, die eine Fülle von Anregungen enthalten und gerade von dieser Stelle aus hoffentlich die gebührende Beachtung finden. *Jongmans* hat seine Aufgabe ganz anders aufgefaßt, indem er eine Übersicht über den Wechsel der Floren und die Herausbildung der einzelnen Pflanzentypen im Laufe der verschiedenen Erdperioden entwirft.

Der letzte Teil des Werkes behandelt die eigentliche Phylogenie, die „Stammbäume“. Hierbei sind Botanik und Zoologie recht ungleich weggekommen. Die Pflanzen werden auf 13, die Tiere auf 153 Seiten abgehandelt. Wenn auch aus den oben dargelegten Gründen die Stammesgeschichte der Tiere ergiebiger ist als die der Pflanzen, so wäre es doch wohl möglich

und nützlich gewesen, etwa für so wichtige Fragen, wie die Phylogenie der Thallophyten mehr als 3 Seiten Raum zu gewinnen. Es ist schade, daß vielleicht infolge allzu großer Zurückhaltung des botanischen Bandredakteurs, R. v. Wettstein, die beiden von ihm persönlich bearbeiteten Kapitel so sehr knapp gehalten sind.

Der zoologische Abschnitt zerfällt nochmals in 2 Unterteile, die Phylogenie der Wirbellosen und die der Wirbeltiere. Die Bearbeitung der ersteren durch K. Heider ist eine Meisterleistung. Mit vollendeter Beherrschung des ungeheuren Materials legt der Verfasser die Beziehungen dar, die zwischen den einzelnen systematischen Gruppen bestehen; scharf und gerecht beleuchtet er die Grundzüge der einzelnen Theorien, läßt dabei aber doch die eigene Stellungnahme klar hervortreten und belegt sie mit einer Fülle origineller und anregender Bemerkungen. Bei der Darstellung der Wirbeltiere durch I. Boas hat man demgegenüber nicht selten den Eindruck, daß der Verfasser etwas zu dogmatisch vorgeht und ein einseitiges Bild der Verhältnisse nach seiner persönlichen Auffassung gibt.

O. Steche, Frankfurt.

Kammerer, Paul, Das Gesetz der Serie. Eine Lehre von den Wiederholungen im Lebens- und im Weltgeschehen. Stuttgart und Berlin, Deutsche Verlagsanstalt, 1919. Preis geb. M. 22,50.

Sich mit den Erscheinungen des alltäglichen Lebens so vertraut zu machen, daß man sie wirklich erkennt und begreift, ist eine wohl lohnende Aufgabe. Wohin ein solches Sichversenken führen kann, zeigt deutlich Kammerers hier zu besprechendes Buch.

Einem jeden von uns ist sicher schon aufgefallen, wie oft zeitliche und räumliche Ereignisse zusammenfallen, besonders dann, wenn unangenehme Erscheinungen damit verknüpft sind. Ich erinnere hier an das Sprichwort: Ein Unglück kommt selten allein, ich erinnere an die Unglückstage, die in manchem Leben mit überraschender Präzision zu wirken pflegen, und ähnliches mehr. Kammerer führt über 10 Seiten solcher von ihm selbst beobachteten Ereignisse an, die leicht ins Unendliche vermehrt werden könnten, wenn man sich die Mühe gibt, darauf aufmerken zu wollen. Er kommt aus diesen Beobachtungen zu folgender Definition der Serie:

Die Serie (Multiplizität der Fälle) stellt sich dar als eine gesetzmäßige Wiederholung gleicher oder ähnlicher Dinge und Ereignisse — eine Wiederholung (Häufung) in der Zeit oder im Raume, deren Einzelfälle, soweit es nur sorgsame Untersuchung zu offenbaren vermag, nicht durch dieselbe, gemeinsam fortwirkende Ursache verknüpft sein können.

Er stellt dann eingehend ein System der Serien auf und fragt nach der Herkunft der Serien, die er findet in der allgemeinen Eigenschaft der Körper und auch der sich in ihren Wirkungen äußernden Kräfte, im Beharrungsvermögen, so daß die Serie sich darstellt als ein streng kontinuierlicher Vorgang der Trägheit, ein Weitergleiten der Ereignisse im Banne allgemeiner Kräfte- und Körperbeharrung.

Auf Grund dieser Überlegungen formuliert Kammerer zwei neue Arbeitshypothesen, auf denen sich eine experimentelle Serienlehre aufbauen könnte. Zuerst die *Imitationshypothese*. Diese sagt in kurzen Worten aus, daß zwei in Wirkung und Gegenwirkung begriffene Körper einander in bezug auf Lage, Bewegung und sonstige Beschaffenheit zunehmend ähnlicher werden.

Zweitens die *Attraktionshypothese*: Die serialen Häufungen erklären sich aus Maximalattraktion, welche gerade die gleichartigen Dinge unablässig am stärksten zueinander treibt.

Als mathematische Grundlagen seiner Serienlehre zieht Kammerer vor allem die Wahrscheinlichkeitslehre, Sterzingers „Knäuelungslehre“, wie ich sie nennen möchte, die periodischen Funktionen, die Serie der Primzahlen und die Cassinischen Kurven in Betracht, wenn auch wahrscheinlich fast alle Teilgebiete der Mathematik hierfür in Betracht kommen.

Dann bringt Kammerer Beispiele aus der Natur für seine Imitationshypothese, aus der anorganischen die Kontaktmetamorphosen, aus der organischen die Assimilation und ähnliche Vorgänge, sodann das ganze Gebiet der Mimikry, indem er die Zuchtwahltheorie, was andere aus anderen Gründen schon getan haben, ablehnt.

Als ganz besonders beweisend für seine Theorie bespricht er dann eingehend die Lehre von den Perioden, die ja bereits sehr tüchtige Verfechter gefunden hat und, wie aus dem geschichtlichen Überblick hervorgeht, schon uralt ist. Die Beispiele, die er beibringt zur Stütze seiner Behauptung, daß periodisches Geschehen ein Spezialfall des seriellen sei, sind erschöpfend und sehr einleuchtend. Mir erscheint dieses Kapitel seines Werkes das dem Biologen einleuchtendste zu sein und ihn dazu zu zwingen, Kammerers Lehre für berechtigt zu halten.

Dasselbe gilt aber auch für das folgende Kapitel, das die Lehre von der Mneme im Lichte der Serien behandelt. Die Vererbung erworbener Eigenschaften und was damit zusammenhängt ist ja K.s ureigenstes Arbeitsgebiet, und deshalb kann man ihm nur Glück wünschen, daß er außer seinen bewundernswerten experimentellen Arbeiten sich auch einmal rein theoretisch mit diesen Erscheinungen, wie mir scheint, gänzlich überzeugend auseinandergesetzt hat. Trotz aller Gegnerschaft wird sich die Lehre von der somatischen Induktion eines Tages wohl doch die allgemeine Anerkennung erringen, die sie verdient. Jeder mnemische Vorgang ist nicht bloß Analogon, sondern Homologon, einfach Spezialfall der allgemeinen Beharrung; diese These scheint mir erwiesen und als eine sehr gute Analyse der in ihrem synthetischen Aufbau so komplizierten Erscheinungen.

Mit gleichem Geschick behandelt K. dann noch den Geltungsbereich seiner Serienlehre für rein psychologisches Gebiet, wie Aberglauben und Lebensgestaltung, und für das Reich der Wissenschaft und der Kunst. Es gibt eben keinen Teil unseres ganzen Lebens, in den die Serienlehre nicht hineinspielt, und in dessen dunkelste Winkel sie mit neuem Lichte hineinleuchtet, und es ist nicht zu viel behauptet, wenn K. am Schlusse seines Buches sagt: Unsere ganze Lebensführung wird sich deshalb des serialen (beharrungskausalen) Prinzips bemächtigen.

Die Erfüllung dieses Wunsches wünsche ich dem Verfasser von ganzem Herzen. Anfeindungen werden ihm wie allen Neuerern nicht ausbleiben, aber die ist er ja von früher her schon genug gewöhnt. Ich glaube aber, er wird auch manchen Dank ernten, besonders dafür, viele Anregungen gegeben und neue Gesichtspunkte für weiteres ersprießliches Forschen aufgezeigt zu haben, denn im Einzelnen ist noch sehr viel zur Stütze der neuen Lehre beizubringen.

H. L. Hönigsmann, Magdeburg.

Steche, Otto, Grundriß der Zoologie. Eine Einführung in die Lehre vom Bau und von den Lebenserscheinungen der Tiere, für Studierende der Naturwissenschaften und der Medizin. Leipzig, Veit & Comp., 1919. VIII, 508 S., 6 Abb. im Text und 40 mehrfarbige Doppeltafeln. Preis geh. M. 18,—, geb. M. 23,50.

Der vorliegende Grundriß unterscheidet sich wesentlich von den üblichen Lehrbüchern der Zoologie. Der Verfasser beabsichtigt, den sonst allenthalben recht kurz wegkommenden allgemeinen Teil der zoologischen Wissenschaft ausführlicher zu bringen und so für den Mediziner und Lehramtskandidaten sowie für die Spezialisten der Nachbargebiete eine Einführung in die Zoologie zu geben. Für den künftigen Zoologen soll der Grundriß eine Ergänzung der bewährten Lehrbücher sein.

Der Verfasser will sich nicht in Einzelheiten vertiefen, sondern die großen Zusammenhänge herausarbeiten. So ist im ersten Teile, der „Allgemeinen Morphologie“, die morphologisch-deskriptive Behandlung der Tierformen auf das geringste Maß beschränkt. Es werden nach Vorausschickung zweier Kapitel über die lebende Substanz und die Zelle die Stämme des Tierreiches nach Bau und systematischer Gliederung nur summarisch behandelt, dafür vielerlei Mitteilungen über Biologie und allgemeine Probleme eingeflochten. Der zweite Teil beschäftigt sich mit Deszendenztheorie und was damit zusammenhängt. Der vierte Teil ist überschrieben „Allgemeine Physiologie“, befaßt sich aber auch neben rein physiologischen mit ökologischen Problemen. Abgegliedert und als dritter Teil vorausgeschickt ist die Physiologie und Ökologie der Fortpflanzung. Der letzte Teil endlich beschäftigt sich mit der vergleichenden Anatomie.

Die Abbildungen entfernen sich ebenfalls von dem bisher Gebräuchlichen. Es sind ausschließlich Schema-bilder, allenthalben in mehreren Farben angelegt. Nach Möglichkeit wurde überall wieder der gleiche Typus gewählt.

Das neue Werk wird sicher den Studierenden als Einführung sowohl wie als Ergänzung zu den sonst gebräuchlichen Lehrbüchern sehr willkommen sein. Auch dem Mittelschullehrer wird es manche Erweiterung seines Blickes und eine Zusammenordnung seiner Kenntnisse unter größeren Gesichtspunkten zu bieten vermögen. Die schematischen Abbildungen wird er sowohl wie der Hochschullehrer mit Vorteil für die Tafelzeichnungen während des Unterrichtes benutzen können.

C. Zimmer, München.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über Salz hunger und Geophagie (Erdessen) bei den Naturvölkern.

Zu dem Aufsatz von Prof. Kütz über Salz hunger und Geophagie (Heft 37) möchte ich eine Frage stellen, deren Beantwortung vielleicht auch andere Leser der „Naturwissenschaften“ interessiert.

Während meines langjährigen Aufenthaltes auf der Iberischen Halbinsel habe ich wiederholt von dem im Mittelalter dort üblich gewesenen Tonessen gehört und gelesen. Es handelte sich um einen wohlriechenden Ton, der zu allen möglichen Dingen gebraucht wurde. Keller und Höhlen, die während der heißen Tagesstunden als Aufenthalt dienten, wurden damit ausgekleidet, und Krüge, sogen. „bujaros“, wurden daraus hergestellt,

die den Wohlgeruch auf das Trinkwasser übertrugen. Dieser Ton wurde auch gegessen. Die Sitte war im Mittelalter so stark verbreitet, daß verschiedene Päpste Bullen erließen, die die Geophagen mit schweren Strafen bedrohten.

Der Aufsatz von Herrn Prof. Kütz veranlaßt zu fragen: Ist dieses Tonessen wirklich als eine luxuriöse Geschmacksverirrung zu betrachten, oder war es vielleicht ein Körperliches Bedürfnis?

Von verschiedenen Seiten hörte ich behaupten, daß Seefahrer aus Indien die Kenntnis der Verwendung des wohlriechenden Tons mitgebracht haben. Als Beweis dafür wurde auch der Name bujaro angeführt, der indischen Ursprungs sein soll. Daß das zutrifft, möchte ich bezweifeln; meines Erachtens liegt eine Verwandtschaft mit dem kastilianischen Worte jarro (Krug) vor. — Wo das Material gefunden wurde, konnte ich nicht erfahren, vielleicht wurde es importiert.

Leider stehen mir als Belege für die vorstehenden Ausführungen keine Literaturangaben zur Verfügung, jedoch sind mir alle Einzelheiten lebhaft in der Erinnerung geblieben.

Berlin, den 19. September 1919.

B. W.

Einiges über unsere Torfmoore¹⁾.

Der unter diesem Titel veröffentlichte Aufsatz bringt u. a. einige Angaben über das Graf Schwerinsche elektroosmotische Torfentwässerungsverfahren, die der Richtigstellung bedürfen.

Versuche mit sozusagen chemisch reiner Torfmasse sind überhaupt nie angestellt worden. Selbst wenn es möglich wäre, chemisch reinen Torf herzustellen, wäre dessen elektroosmotische Entwässerung ausgeschlossen, da die Bedingung für die Stromleitung: Gegenwart irgendeines Elektrolyten, fehlt. Die Behauptung, daß mit obiger Torfmasse die Wasserabscheidung tadellos gelinge, ist gerade so unhaltbar wie die weitere, daß das zur Abscheidung des Wassers nötige Potentialgefälle nur unter Anwendung einer sehr großen Elektrizitätsmenge zu erreichen sei, wenn der Torfschlamm Salze enthalte und die Stromkosten dann in keinem Verhältnis mehr zu der abzuschheidenden Wassermenge ständen. Eingehende Versuche zeigten vielmehr, daß auf Zusatz von geeigneten Elektrolyten eine erhöhte Kataphorese eintritt²⁾.

Pro kW-Stunde wird eine schneller verlaufende Entwässerung und größere absolute Trocknung des Torfes erzielt als bei Torf ohne Elektrolytzusatz. Die diesen Erscheinungen zugrunde liegende Beziehung zwischen Elektrolyse und Kataphorese einerseits und kolloidchemischen Zustandsänderungen andererseits möge kürzlicher nur erwähnt werden.

Heute beträgt der Kraftverbrauch für eine Tonne entwässertes Material von ca. 65 % Wassergehalt (aus Torf mit 90 % Wassergehalt) 40—50 kW-Stunden, entsprechend ca. 115—130 kW-Stunden pro Tonne Trockenmaterial. Daß der entwässerte Torf als Brennstoff und als Ausgangsmaterial für die Vergasung ein Faktor ist, mit dem man rechnen sollte, ist naheliegend, da der heutige Mangel an Brennstoff die Ausnutzung aller natürlichen Hilfsquellen zur dringenden Pflicht macht.

Berlin-Charlottenburg, den 23. September 1919.

Kuno Wolf.

¹⁾ „Die Naturwissenschaften“ S. 493, 1919.

²⁾ D. R. P. 150 069; 239 649.

Das Gleitflächengesetz.

Meine früheren Ausführungen in den „Naturwissenschaften“ über dynamische Gleichgewichtsformen der Erdoberfläche¹⁾ gipfelten in der Aufstellung eines geographischen Gestaltungsgesetzes, das für Bewegungen von Luft und Wasser Geltung hat und den Kreis der in der Natur vorkommenden Formelemente berücksichtigt. Später wurde ich darauf geführt, daß dieses Gesetz auch für feste Körper gilt, und namentlich für die in der Technik eine große Rolle spielende gleitende Reibung fester Körper gegeneinander in Betracht kommt²⁾. Es handelt sich somit um ein allgemeines Naturgesetz, dessen genaue Formulierung in verschiedenen Zuschriften von mir erbeten worden ist. Ich möchte, diesen Wünschen nachkommend, die folgende Form für dieses „Gleitflächengesetz“ vorschlagen: „Wenn Massen sich in gleitender Reibung gegeneinander bewegen, so besteht das Bestreben, ihren Grenzflächen eine Wogenform aufzuzwingen.“ Daß dieses Bestreben nur bei nachgiebigem Material zur wirklichen Formveränderung führen kann, ist selbstverständlich. Je nachgiebiger die Massen sind, um so leichter muß es zur vollen Ausbildung eines dynamischen Gleichgewichtszustandes kommen. Bei Luftwogen wird er ohne Schwierigkeit erreicht werden, bei Wasserwellen schon verhältnismäßig selten, bei festen Körpern wohl nie. Bei absolut starren Körpern könnte die Tendenz überhaupt nicht in die Erscheinung treten, sondern sie müßte latent bleiben.

Berlin, den 13. Oktober 1919.

O. Baschin.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Sehr dichte Niederschläge. Wenn auch von wissenschaftlicher Seite zuerst (Kämtz, 1831) der Gedanke ausging, bei starken Niederschlägen auch die Dauer zu beachten, um daraus die Dichte in der Zeiteinheit, der Minute, zu berechnen, so waren es vorzüglich die Wünsche technischer Kreise, die dazu führten, daß die Wetterbeobachter angewiesen wurden, solchen Messungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Denn nach der Menge des in der Zeiteinheit zugeführten Wassers muß in erster Linie die Weite der Abzugskanäle berechnet werden, und der Mangel an derartig verwertbaren Messungen rief in vielen Städten noch bis in die neueste Zeit bei starken Gewitterregen Überschwemmungen hervor. Wenn es nun auch unwirtschaftlich wäre, die Kanalweite nach der größtmöglichen Menge zu berechnen, da diese in Jahrzehnten nur einmal vorkommt, so muß man doch eine zahlenmäßige Vorstellung über alle besonders starken Regenfälle haben. Das hat nicht nur technische, sondern auch wissenschaftliche Bedeutung. Der erste, der darauf hinwies, war, wie erwähnt, Kämtz (1831); planmäßig nähergetreten ist dieser Frage erst Symons (1868), dann in den achtziger Jahren auch Hellmann. Schon Symons fand, daß die Dichte mit der Dauer des Regens abnehme und daß sie innerhalb eines Regens schwanke. Er und sein Nachfolger Mill setzten, um die Zahl der zu bearbeitenden Fälle zu begrenzen, für

Regengüsse von 10, 20, . . . bis 60 Minuten und von 1, 2, 3 . . . bis 12 Stunden Dauer gewisse Mindestwerte in der Minute fest. Auch Hellmann leitete für Regen von 1—5, 6—15 usw. Minuten Dauer Mindestdichten ab, und danach wurden vom Jahre 1891—1913 einschl. alle starken Niederschläge geordnet und veröffentlicht. Diese Stufen waren:

Dauer	Minstdichte in der Minute
1—5 Minuten	1,01 mm
6—15 „	0,81 „
16—30 „	0,61 „
31—45 „	0,51 „
46—60 „	0,41 „
1—2 Stunden	0,31 „
2—3 „	0,21 „
über 3 „	0,11 „

Ein Auszug der allerdichtesten Niederschläge in Norddeutschland (1891 bis 1913) folgt hier:

Dauer	Dichtester Niederschlag in 1 Minute	Seine wirkliche Dauer
1—5 Minuten	6,70 mm	2 Minuten
6—15 „	4,97 „	6 „
16—30 „	2,71 „	30 „
31—45 „	2,29 „	45 „
46—60 „	1,51 „	50 „
1—2 Stunden	1,40 „	1 Std. 30 „
2—3 „	0,84 „	2 „ 30 „
3—4 „	0,68 „	3 „ 30 „

Alle solche Abgrenzungen haben aber das Mißliche, daß sie eben Stufen sind, die an gewissen Grenzstellen Sprünge zeigen, die der Natur zuwider sind. So durfte nach dieser Stufenfolge ein Regen von 37,8 mm in 3 Stunden nicht aufgenommen werden, weil seine Dichte 0,21 mm nicht ganz erreichte, wohl aber ein solcher von 20,0 mm in 3^h 1^{min} mit 0,11 mm Dichte. Deshalb habe ich einerseits die Simons- und Hellmannschen Werte, andererseits viele hundert Einzelwerte benutzt und daraus die Minstdichten für jede Minute abgeleitet. Aus der Tabelle folgt hier ein Auszug, in dem aber statt der minutlichen Minstdichte die Mindestmenge für die ganze danebenstehende Zeit angegeben ist:

1 Min.	1,0 mm	1 Std. 30 Min.	22,9 mm
5 „	3,9 „	2 „	25,4 „
10 „	6,7 „	3 „	29,2 „
15 „	9,0 „	4 „	31,7 „
30 „	14,1 „	5 „	33,9 „
45 „	17,3 „	10 „	40,1 „
60 „	19,6 „	15 „	41,3 „

Nach dieser Tabelle werden vom Jahrgang 1914 ab die starken Niederschläge in Norddeutschland veröffentlicht.

Eine Untersuchung der im Jahrbuch 1902—1913 enthaltenen starken Niederschläge ergab u. a. eine enge Beziehung zur Jahresmenge und zur Zahl der Regentage; nicht ganz so eng war sie zur Zahl der Gewittertage, weil dichte Niederschläge auch bei schweren Landregen fallen. Im Winterhalbjahre sind dichte Niederschläge im Westen ein wenig häufiger als im Osten Norddeutschlands, im Sommerhalbjahr aber kehrt sich das Verhältnis so stark um, daß dann der Osten bedeutend mehr aufweist als der Westen. Im Osten kommen als Ursache nicht bloß Gewitter in Betracht, sondern auch die Tiefdruckgebiete, die den sog. Zugstraßen IIIa (westostwärts im ebeneren Norddeutschland) und Vb (Wien—Warschau) folgen, von denen

¹⁾ Der Einfluß des dynamischen Gleichgewichts auf die Formen der festen Erdoberfläche. Von Otto Baschin. Die Naturwissenschaften, Berlin 1918, 6. Jahrgang, S. 355—358.

²⁾ Riffelbildung und gleitende Reibung. Von Otto Baschin. Die Naturwissenschaften, Berlin 1918, 6. Jahrgang, S. 521—522.

jene besonders im Lausitzer Gebirge, diese im Riesengebirge Hochwasser hervorrufen. Faßt man alle Starkregen im Westen und Osten je nach kurzer Dauer (bis 30 Minuten), mittlerer (bis 60 Minuten) und langer (über 60 Minuten) zusammen, so ist der prozentische Anteil jeder Gruppe an der Gesamtzahl im Westen und Osten ganz gleich, während sich, wie erwähnt, in den tatsächlichen Zahlen bemerkenswerte Unterschiede zeigen (*Meteorologische Zeitschrift* 1919, 125—132).

Selbstbericht von C. Kapner.

Über die rationelle Ausnutzung der Brennstoffe macht Prof. Dr. Caro in der *Chemiker-Zeitg.*, 41. Jahrg. S. 393—395, bemerkenswerte Angaben. Er weist darauf hin, daß die durch die Besteuerung der Kohle hervorgerufene Verteuerung durch eine ausgiebige Ausnutzung der aus der Kohle gewinnbaren Heizenergie und der Nebenprodukte wieder ausgeglichen werden kann, daß die unmittelbare Verfeuerung der Brennstoffe in vielen Fällen technisch nicht zeitgemäß ist, sowie daß durch vorhergehende Entgasung oder Vergasung mit Gewinnung der Nebenerzeugnisse weitgehende Vorteile erzielt werden können. Würde aber die Vergasung der Kohle wirklich derart gesteigert werden, daß wir in Deutschland jährlich 5 Mill. t Ammoniumsulfat und 4,5 Mill. t Teer, wie verschiedene Verfasser berechnet haben, erzeugten, so würden die Erlöse für diese Nebenerzeugnisse so stark zurückgehen, daß die Vergasung der Kohle wirtschaftlich unmöglich gemacht würde.

Die Vergasung der Brennstoffe ist ein Prozeß, der Energie verbraucht; der Wärmewert der bei der Vergasung und Entgasung erhaltenen verbrennbaren Stoffe ist daher geringer als der Wärmewert des Brennstoffs selbst. Bei Vergasung von Kohle ohne Nebenproduktengewinnung, aber unter Ausnutzung der fühlbaren Wärme der abziehenden Gase gehen durchschnittlich 15—20 % des Wärmewertes verloren, beim Kokereiprozeß rund 10—15 %. Erheblich größer ist dagegen der Verlust bei der Vergasung mit Gewinnung der Nebenprodukte, denn hier wird infolge des notwendigen Zusatzes von Wasserdampf ein thermischer Wirkungsgrad von nur 50—70 % erzielt. Diese Wärmeverluste muß man zunächst einmal in Betracht ziehen, wenn man zu einer klaren Lösung der Frage gelangen will, ob und in welchen Fällen die Umwandlung der festen in gasförmige Brennstoffe technisch und wirtschaftlich von Vorteil ist.

Vom technischen Standpunkt aus empfiehlt sich die Vergasung nur dann, wenn die Anwendung von Gas an Stelle von festem Brennstoff besondere Vorteile bietet, wie dies in der Hütten-, Metall-, Glas-, Porzellan- und chemischen Industrie zumeist der Fall ist. Die Vergasung der Brennstoffe ist ferner gegeben, wo durch Anwendung der Gasheizung die Ausnutzung der Wärmeenergie eine bessere ist als bei Anwendung fester Brennstoffe; dies ist bei der Dampferzeugung sowie bei vielen Ofenheizungen nach der Ansicht des Verfassers jedoch nicht der Fall. Die Beheizung von Kesseln mit Gas erfordert stets mehr Brennstoff als die unmittelbare Beheizung durch feste Brennstoffe, und zwar um 15 bis 20 % mehr bei Vergasung ohne Nebenproduktengewinnung und um 30 bis 50 % mehr bei Vergasung mit Nebenproduktengewinnung. Außer bei der Dampfkesselfeuerung ist bei den meisten Ofenheizungen die Heizung mit festen Brennstoffen im Hinblick auf die Erzielung von Ersparnissen der Vergasung vorzuziehen, sofern nicht durch die Vergasung minderwertige, aschenreiche oder heizarme Brennstoffe, deren direkte Verbrennung Schwierigkeiten bereitet, Verwendung finden können.

Für die Anwendung der Vergasung mit Nebenproduktengewinnung ist lediglich der Wert der Nebenprodukte jeweils maßgebend. Dieser Wert schwankt aber, da er außer von der Marktlage noch von einer Reihe anderer Faktoren abhängig ist. Da nun aber die Nebenprodukte nicht nur den Mehrverbrauch an Brennstoff, sondern auch die Aufwendungen für die Nebenproduktenanlagen und ihren Betrieb decken sollen, so darf man nicht generell von den wirtschaftlichen Vorteilen der Vergasung mit Nebenproduktengewinnung sprechen, sondern muß von Fall zu Fall entscheiden, ob solche Vorteile vorliegen oder nicht. Wenn in England die Vergasung mit Nebenproduktengewinnung, und namentlich das Mondgas-Verfahren eine viel größere Verbreitung gefunden hat als bei uns, so liegt dies hauptsächlich daran, daß England über außerordentlich billige Kohle verfügt. Bei uns hat dieses Verfahren nur in besonderen Fällen Anwendung gefunden, so z. B. wo als Heizmittel sowieso nur Gas in Betracht kam oder wo der zu verwendende Brennstoff infolge seiner chemischen Zusammensetzung nicht direkt verbrannt werden konnte oder wo besondere hohe Teerausbeuten zu erwarten waren, wie dies bei den neuen Anlagen zur Braunkohlenvergasung der Fall ist.

Die Wirtschaftlichkeit einer Vergasungsanlage ist also von Fall zu Fall zu prüfen, namentlich erweckt die Errichtung großer Gaszentralen zur Fortleitung eines heizarmen Gases von weniger als 3000 WE schwere Bedenken. Die Vergasung von Brennstoffen mit Nebenproduktengewinnung in großen Kraftzentralen erfordert bei Anwendung von Dampfturbinen einen Mehraufwand von 30—50 % Brennstoff und kann daher nur unter besonders günstigen Bedingungen lohnend sein. Anders liegen die Verhältnisse, wenn an Stelle von Dampfturbinen Gasmaschinen zur Kraft-erzeugung Verwendung finden. Denn in diesem Falle kann der zur Nebenprodukterzeugung erforderliche Dampf mit Hilfe der heißen Auspuffgase der Gasmaschinen erzeugt werden, wodurch der Wirkungsgrad der Generatoren bis auf 80—85 % steigt. Leider kann aber die Gasmaschine noch nicht in vollen Wettbewerb mit der Dampfturbine treten. Unter den heutigen Verhältnissen ist nach Ansicht des Verfassers in den meisten Fällen der Verkokung der Kohle der Vorzug zu geben, da hierbei nur etwa 10 bis 15 % des Wärmewertes verloren gehen und da ferner von den nutzbaren Wärmemengen rund 75 % in fester Form als transportabler Koks und 25 % als hochwertiges Gas erhalten werden.

A. Sander.

Konstruktionen der Diagramme der Geschwindigkeit und Beschleunigung des Films bei der ruckweisen Bewegung mittels des Malteserkreuzrades im Kinetographen. (Ludwig Burmester, Sitzungsberichte der Bayrischen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-physikalische Klasse, 1919, Seite 43 ff.) Die Kenntnis der Geschwindigkeit und Beschleunigung des durch ein Malteserkreuz absatzweise fortgeschalteten Films ist zur Feststellung der Beanspruchung von Film und Apparat notwendig. Im Gegensatz zu der analytischen Berechnung, wie sie z. B. C. Forch¹⁾ gibt, schlägt Burmester einen geometrisch konstruktiven Weg, der hier ganz kurz skizziert sei, zur Bestimmung der Diagramme der Geschwindigkeit und Beschleunigung des Films ein, indem er nämlich ein zentrisches Schleifkurbelgetriebe benutzt, wie es Fig. 2 zeigt. In Fig. 1 ist das Schema eines Malteser-

¹⁾ C. Forch, Der Kinetograph, Wien und Leipzig 1913. S. 15 ff.

kreuzes mit vier radialen, zueinander senkrechten Schlitzten dargestellt. Der Kreis ϕ , d. h. die Bahn, auf der sich der Mittelpunkt F des Einzahnes bewegt, schneidet den um Λ , die Achse des Malteserkreuzrades, mit dem gleichen Radius um die äußeren Enden der Schlitzte beschriebenen Kreis λ in den Punkten o , p rechtwinklig, so daß im Beginn des Zahneingriffs F sich in Richtung Λ bewegt und damit ein Stoß vermieden wird. Der Einfachheit wegen ist der Kreis λ auch als Randkreis der Transporttrommel angenommen, deren Zähne in die Perforierung des Films f von dem Berührungspunkt L_6 bis zu dem Berührungspunkt

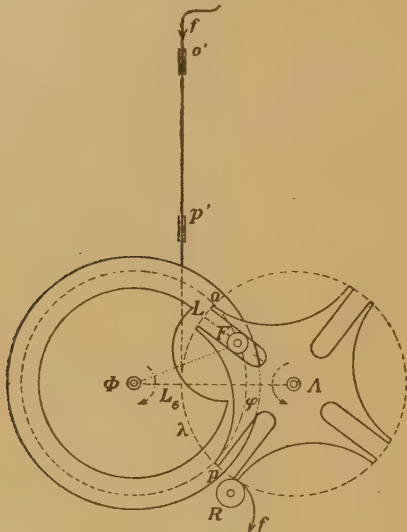


Fig. 1.

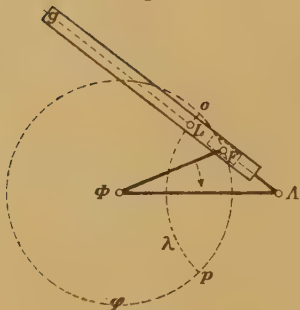


Fig. 2.

mit einer Druckrolle R eingreifen. Das Bildfenster $o'p'$ ist dann gleich der Länge des Viertelkreises o, λ, p . Ein Punkt des Randkreises λ hat die gleiche Geschwindigkeit wie das Bildband, dessen Beschleunigung gleich der Tangentialbeschleunigung jenes Punktes ist. Zur Auffindung der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdiagramme des Films dient *Burmester* das in Fig. 2 dargestellte Schleifkurbelgetriebe. Darin ist die um die Achse ϕ rotierende Kurbel ϕF drehbar mit einem Schlitten verbunden, der in einem um die Achse Λ schwingenden Schlitzglied Λg gleitet; und zwar schneiden sich die mit Radien $\phi F = \Lambda L$ um ϕ bzw. Λ beschriebenen Kreise ϕ, λ rechtwinklig in den Punkten o, p . Reicht das Schlitzglied nur bis an den Kreis λ , so führt das Schlitzglied dieselbe Bewegung aus, wie ein Schlitz des in Fig. 1 zur Darstellung gebrachten Malteserkreuzrades. Auf Grund kinematischer Sätze wird die Konstruktion der Diagramme für die Geschwindigkeit und Beschleunigung an diesem Schlitzglied des Schleif-

kurbelgetriebes ausgeführt, und dadurch auch für das Malteserkreuzrad gefunden.

Am Schluß der kleinen, sehr lesenswerten Abhandlung wird noch über die Wirkung des Schlägers einiges gesagt und schließlich H. Lehmanns Zeitlupe erwähnt.
W. Merté.

Zur allgemeinen Entwicklungsgeschichte des Blutgefäßsystems. Im 92. Band des Archivs für Mikroskopische Anatomie und Entwicklungsgeschichte veröffentlicht *C. Elze* den zweiten Teil seiner Studien zur allgemeinen Entwicklungsgeschichte des Blutgefäßsystems, deren erster Teil bereits 1913 im 82. Band der gleichen Zeitschrift erschien. Dem Verfasser dienen eigene und fremde Beobachtungen an Wirbeltier-Embryonen als Grundlage für seine Betrachtungen, die im wesentlichen auf eine Kritik und Widerlegung der hauptsächlich von *Thoma* in einer Reihe von Arbeiten vertretenen „Netztheorie der Gefäßbildung“ hinauslaufen. Nach *Thoma* geht das Gefäß-System der Vertebraten aus einem indifferenten Kapillarnetz hervor, indem sich einige der Kapillaren lediglich durch die Wirkung haemodynamischer Faktoren stärker entwickeln. Die Weite derselben soll wachsen mit der Geschwindigkeit des Blutstroms, die Differenzierung in Arterien und Venen nur auf inneren Ursachen beruhen, die Neubildung und Verästelung von Kapillaren endlich nur durch lokale Druckwirkungen des Blutes hervorgerufen werden. Bereits *Roux* hat demgegenüber auf die Bedeutung der äußeren Faktoren des Mediums hingewiesen. Im Gegensatz zu *Thoma*, der zu seinen Resultaten teils deduktiv, teils durch Befunde an Sauropsiden¹⁾ gekommen war, wertet *Elze* das Ergebnis seiner Untersuchungen, die auch Anamnier²⁾ umfassen, in anderer Weise theoretisch aus. Wichtig ist zunächst die Feststellung, daß keineswegs überall im Embryonalstadium von Anfang an Kapillarnetze auftreten. Bei ziemlich alten Fisch- und Amphibienembryonen finden sich lediglich wenige größere Arterien und Venen, die mit einfachen Schlingen ineinander übergehen. Bei Sauropsiden dagegen wird schon frühzeitig zwischen Arterien und Venen ein Kapillarnetz eingeschaltet, zunächst in Form des Dottergefäß-Systems, später der Allantois-Kapillarität. Diese Besonderheit ist aber nach *Elze* bei den Amnioten (von denen der Verfasser nur Sauropsiden behandelt) lediglich eine Anpassung an die besonderen Respiationsverhältnisse ihrer Embryonen. Das Vorwalten der Hautatmung (unmittelbarer Gasaustausch durch die Ektodermzellen) bei jungen Anamnier-Embryonen macht die Entwicklung eines Kapillarnetzes im Dienste der Respiration überflüssig. Außerdem ist auch der Sauerstoffbedarf der Amnioten ein größerer. Bei den Anamniern tritt eine stärkere Entwicklung von Kapillaren erst ein, wenn der unmittelbare Gasaustausch durch die Schuppenentwicklung beschränkt wird oder infolge des Körperwachstums für die tieferen Bezirke nicht mehr ausreicht.

Andere Stellen des embryonalen Vertebratenkörpers, an denen Kapillarnetze nachgewiesen sind, aus denen sich später Aorten und Venen differenzieren, sind z. B. die Bezirke der Extremitätenanlagen der Amnioten. (Siehe die Arbeiten von *Erik Müller*, *Rabl*, *Evans*.) Jedoch handelt es sich nach *Elze* bei diesen Anlagen im proximalen Teil gar nicht um indifferente Netze, sondern um mehrere Aortenäste, von denen ein topographisch genau bestimmter erhalten bleibt. Das

1) Reptilien und Vögel.

2) Fische und Amphibien.

im distalen Teil der Extremitätenanlage zweifellos vorhandene Kapillarnetz ist ein Ausdruck für das infolge des starken Wachstums gesteigerte Sauerstoff- und Nahrungsbedürfnis dieses Bezirkes. Die bleibende Arterie geht entweder aus einem stärkeren Aste dieses Netzes hervor oder ist mehr oder minder deutlich von Anfang an daneben vorhanden. Es darf also nach der Meinung des Verfassers aus diesen Einzeltatsachen, die spezielle Anpassungen darstellen, nicht geschlossen werden, daß ganz allgemein die Vorstufe des differenzierten Gefäßsystems ein indifferentes Kapillarnetz sei.

So sehr man *Elze* bei seiner Ablehnung der Thomaschen Theorie als allgemein gültiges Bildungsgesetz zustimmen kann, ließe sich gegen seine kausale Erklärung embryonaler Kapillarnetze Verschiedenes einwenden. Beispielsweise hat der Dotterkreislauf neben der respiratorischen Aufgabe noch die Resorption. Wir finden ihn daher auch bei Anamniern, z. B. als reich entwickeltes Netz von Lakunen und echten Kapillaren auf der Dotteroberfläche von Urodelen (Schwanzlurche). Auch muß beobachtet werden, daß es sich bei den Dotter- resp. Allantoisgefäßen der Sauropsiden um die Versorgung ungleich größerer Gebiete handelt, als sie auf so jungen Stadien bei Anamniern je vorkommen; ferner, daß auch die Größe der Kapillaren eine gewisse untere Grenze hat, und daß die Frage, ob an bestimmter Stelle ein einzelnes Gefäß oder ein Netz entsteht, oft genug ganz einfach eine Raumfrage ist. Es sei hingewiesen auf die erste einfache Anlage der Kiemengefäße in den eben gesonderten Kiemenbögen der Amphibien. Es wäre durchaus denkbar, daß wir bei anderen Größenverhältnissen auch hier einer Mehrzahl von Gefäßen begegneten; die wir bei ihrer Feinheit dann ebensogut Kapillaren zu nennen berechtigt wären, wie wir ein junges „Gefäß“ in Anbetracht seiner geringen Größe und der Einfachheit seiner Wand durchaus einer Kapillare morphologisch gleichachten müssen. Während also einerseits die respiratorische Funktion der Kapillarnetze sicher nicht ausreicht zur Erklärung von deren Auftreten oder Fehlen, kann andererseits angesichts einer ganzen Reihe entgegenstehender Befunde eine allgemeine Entstehung der Gefäße aus indifferenten Kapillarnetzen kaum behauptet werden. Daß in einzelnen Bezirken tatsächlich ein Kapillarnetz der Bildung eines differenzierten einzelnen Gefäßes vorangehen kann, ist wiederholt einwandfrei festgestellt worden und wird ja auch von *Elze* nicht vollständig bestritten.

L. Glaesner.

Gewinnung von Mineralöl in England. In weit größerem Umfang als Deutschland ist bekanntlich England für die Versorgung mit Heiz- und Treibölen vom Ausland abhängig. Diese Abhängigkeit hat sich infolge des Frachtraummangels während des Krieges recht stark bemerkbar gemacht, und es wurde daher auf Veranlassung des Munitionsministeriums ein Ausschuß gebildet, dem die Auffindung einheimischer Rohstoffe für die Ölgewinnung oblag, um den wachsenden Bedarf der Marine und Industrie decken zu können. Dieser Ausschuß hat seine Aufmerksamkeit zunächst den Ölschiefen zugewendet, die ja in Schottland schon seit vielen Jahren mit Erfolg ausgebeutet werden. Die Gewinnung von Ölschiefen in Schottland betrug im Jahre 1916 etwas über 3 Millionen Tonnen gegenüber 3,28 Millionen Tonnen im Jahre 1913, die Gewinnung ist also im Kriege etwas zurückgegangen. Der schottische Ölschiefer, der an der Grube einen Wert von 5 sh für die Tonne hat, liefert bei der Verarbei-

tung im Durchschnitt 20 Gallonen Öl und 45 engl. Pfund Ammoniak für die Tonne.

In England selbst finden sich Ölschiefer in den Grafschaften Derby und Dorset (Kimmeridge) und man hat im Kriege auch die Verwertung dieser Vorkommen ins Auge gefaßt, obwohl der hohe Gehalt an Schwefelverbindungen, die nur schwer zu entfernen sind, die Verarbeitung des englischen Schiefers sehr erschwert. Zur Verwertung dieser Schiefervorkommen wurde eine neue Gesellschaft, *The English Oilfields, Ltd.*, gegründet, die zunächst mit der Ausbeutung eines auf 5 Millionen Tonnen geschätzten Vorkommens von Ölschiefer bei Kings Lynn begonnen hat. Bei diesem Lager soll sich der Schiefer nur wenige Fuß unter der Erdoberfläche finden, und man rechnet mit einer Ausbeute von 30 Gallonen Öl aus einer Tonne. (Chem. Industrie 1919, S. 55.)

A. Sander.

Die Entstehung der Bernsteinsäure bei der alkoholischen Gärung und bei bakteriellen Vorgängen ist nunmehr durch die Untersuchungen von *C. Neuberg* und *M. Ringer* völlig aufgeklärt (Biochem. Zeitschr. 71, 226, 237, 1915; 91, 131, 1918). Die Muttersubstanz der Bernsteinsäure ist die Glutaminsäure, die nach Art anderer Aminosäuren durch lebende und gärtätige Hefe in die entsprechende Ketosäure, die α -Ketoglutar-säure (Oxoglutar-säure) übergeführt wird. Die weiteren Umwandlungen konnten auch ohne Mitwirkung lebender Zellen durchgeführt werden und sind so als reine Enzymleistungen gekennzeichnet. Die zweite Stufe der Umwandlung bildet die Überführung der Oxoglutar-säure in Aldehydbernsteinsäure (β -Aldehydpropositionsäure), die das Werk des Enzyms Carboxylase darstellt. Die letzte Stufe, die Bildung der Bernsteinsäure, ist eine Oxydationsgärung, die aber auch bei Abwesenheit freien Sauerstoffs erfolgen kann, ähnlich der Bildung von Zitronensäure aus Zucker. Es findet also keine gleichzeitige Reduktion der Aldehydbernsteinsäure statt. Die Oxoglutar-säure wird von Hefe und Fäulnisernregern direkt in Bernsteinsäure übergeführt; das Zwischenprodukt läßt sich selbst nicht fassen, da dieses, die Aldehydbernsteinsäure, unter verschiedenen Bedingungen gleich weiter, zu Bernsteinsäure, umgewandelt wird.

Über den „Nährwert“. Im Zusammenhang mit den besonders von amerikanischen Forschern systematisch betriebenen Untersuchungen über qualitativ unzureichende Ernährung sind die unter obigem Titel veröffentlichten Arbeiten von *Hans Aron* (Biochem. Zeitschrift 92, 211, 1918) von großem Interesse. *Aron* führt die Bezeichnung „Sondernährwert“ ein und versteht darunter einen solchen, der sich nicht aus dem Kalorienwert und der Ausnutzbarkeit ergibt, sondern aus der Unentbehrlichkeit gewisser Anteile der Hauptgruppen der Nährstoffe. Einen solchen Sondernährwert spricht *Aron* nicht nur den Eiweißstoffen, sondern auch den Kohlenhydraten, Extraktstoffen und besonders den Fetten zu. Den anorganischen Bestandteilen der Nahrung kommt ausschließlich ein solcher Sondernährwert zu. Eingehender hat sich *Aron* besonders mit dem den Fetten zukommenden Sondernährwert befaßt. So konnte gezeigt werden, daß junge wachsende Ratten, die mit fettfreier Kost ernährt wurden, nach einer gewissen Zeit eingingen, im Gegensatz zu den Kontrolltieren, die unter sonst ganz gleichen Bedingungen noch etwas Butter erhalten hatten. Bei den jüngeren Tieren dauerte es nicht weniger als 3 Monate, ehe man Anzeichen sah, daß die butterfreie Ernährung ungenügend sei. Nach ähnlichen Ergebnissen amerikanischer Physiologen kann man annehmen, daß die

Art des Fettes eine wichtige Rolle bei diesen Erscheinungen spielt. Ähnlich günstig wie Butterfett erwies sich Lebertran und Eigelbfett, wogegen Schweineschmalz, Olivenöl oder Mandelöl das künstliche fettfreie Nahrungsgemisch kaum zu verbessern vermochten. Diese Versuchsergebnisse widersprechen vollkommen dem bisher von den Physiologen aufgestellten Lehrsatze, wonach das Fett in der Nahrung entbehrlich sei, sofern an seiner Stelle andere Nährstoffe in genügender Menge dem Körper zugeführt werden, und sie sind nur verständlich mit der Annahme, daß es besondere Anteile des Gesamtfettes sind, denen diese für das Leben und besonders für das Wachstum unentbehrliche Funktion zukommt. Der Nährwert eines Nahrungsmittels dürfe in Zukunft nicht mehr in einfachen Zahlen ausgedrückt werden. „Der Nährwert setzt sich eben aus mehreren vollkommen inkommensurablen Größen zusammen, dem Gesamtbrennwert und den verschiedenartigen Sonderfunktionen der einzelnen Nährstoffgruppen, die es bedingen, daß jeder Nährstoffgruppe außer ihrem Brennwert noch ein Sondernährwert zukommt. Der Nährwert der einzelnen Nahrungsmittel muß deshalb je nach der Art der in ihr hauptsächlich enthaltenen Nährstoffe von verschiedenen Gesichtspunkten beurteilt werden, der des Fleisches anders als der des Obstes, der des Zuckers anders als der der Butter und der der Milch anders als der der Kartoffel. Erst diese erweiterte Auffassung des Begriffes Nährwert wird uns erlauben, die theoretischen Grundlagen unserer Ernährungslehre mit den praktischen Erfahrungen wirklich in Einklang zu bringen und die weiten Abgründe zu überbrücken, die sich häufig zwischen Theorie und Praxis klaffend auftaten.“

Georg Trier.

Astronomische Mitteilungen.

Die räumlich geschlossene Welt. F. Klein veröffentlichte in den Göttinger Nachrichten der letzten Jahre eine Reihe von äußerst interessanten mathematischen Studien über die Relativitätstheorie. Nach Einstein ist die Welt als vierdimensionales Raum-Zeit-Kontinuum anzusehen, die Naturgesetze sind invariante Beziehungen zwischen den Koordinaten dieser Mannigfaltigkeit, und zwar invariant gegenüber der allgemeinen Gruppe beliebiger stetiger Koordinatentransformationen. In seinen kosmologischen Betrachtungen fingiert Einstein, um die Gesamtheit der Massenverteilungen und Vorgänge der Welt von höherem Standpunkte zu übersehen, einen Durchschnittszustand, bei welchem sämtliche Massen in dem als geschlossen vorausgesetzten Raume inkohärent und gleichförmig verteilt sind und innerhalb dieses Raumes, während die Zeit t sämtliche Werte von $-\infty$ bis $+\infty$ durchläuft, ruhen. Die tatsächlichen Massenverteilungen und Vorgänge sollen als Abweichungen von diesem Durchschnittszustand aufgefaßt werden (siehe das Referat über die kosmologischen Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Nw. Heft 14). An diesem Durchschnittszustand gemessen ist die Zeit etwas Absolutes, der Raum in sich homogen (und zwar sphärisch oder elliptisch).

Das entsprechende Bogenelement gestattet eine siebenparametrische größte Gruppe von Koordinatentransformationen, nämlich sämtliche ∞^6 orthogonale

Transformationen des sphärischen oder elliptischen Raumes und die einparametrische Schar von Transformationen, die durch Vermehrung von t um eine beliebige Konstante entstehen. Ist die Zeiteinheit und der Anfangspunkt der Zeitrechnung gewählt, so enthält der Zeitbegriff keine weitere Willkür, innerhalb der vierdimensionalen Welt sind die dreifach ausgedehnten Räume $t = \text{const.}$ Mannigfaltigkeiten sui generis. Läßt man das Krümmungsmaß des Raumes gegen Null konvergieren, so geht das Bogenelement in das Lorentzsche über, die Zeit hört auf, eine für sich stehende Veränderliche zu sein, die Gruppe erweitert sich zur zehnparametrischen Lorentzgruppe, das heißt, wir befinden uns auf dem Boden der speziellen Relativitätstheorie.

De Sitter betrachtet im Gegensatz zu Einstein die vierdimensionale Welt als ein in einer fünfdimensionalen Mannigfaltigkeit eingebettetes vierdimensionales Kontinuum von konstanter positiver Krümmung. Sie soll wieder als statistisches System aufgefaßt werden können, d. h. die durch Vermehrung der Zeit um eine beliebige Konstante entstehende eingliedrige Gruppe soll in der zehngliedrigen Gruppe der Kollineationen der vierdimensionalen Welt konstanter positiver Krümmung enthalten sein. Daraus läßt sich schließen, daß man die Zeit auf ∞^6 Arten einführen kann, im Gegensatz zur Einsteinschen Welt, wo sie völlig festgelegt war, und auch im Gegensatz zur speziellen Relativitätstheorie, wo sie (nach Festlegung von Einheit und Anfangspunkt) noch drei willkürliche Parameter enthält. Zwei Beobachter, die mit zwei verschiedenen de Sitterschen Uhren ausgestattet sind, würden ganz eigenartige Verhältnisse konstatieren; Ereignisse, die für den einen in der Ewigkeit liegen, wären für den anderen zugänglich und umgekehrt, ja der eine würde sogar Ereignisse erleben, die der andere für imaginär hält. Schließlich wäre noch die Dichte der ruhenden, inkohärenten Materie, welche die de Sittersche Welt gleichförmig erfüllen soll, gleich Null, d. h. wir dürften überhaupt keine Materie annehmen.

Über quantentheoretische Beziehungen im Planetensystem veröffentlichte P. Gruner eine interessante Notiz in der Phys. Zeitschr. vom 15. April 1919. Durch die auffallenden Analogien des Bohrschen Atommodells mit dem Planetensystem und die Tatsache geleitet, daß die Planeten dem Titius-Bodeschen Gesetze gemäß nicht regellos verteilt sind, fragte sich der Verfasser, ob nicht auch im Planetensystem die Impulsmomente der einzelnen Planetenbahnen als ganzzahlige Vielfache einer bestimmten Größe angesehen werden könnten. Er fand für die acht großen Planeten folgende Verhältniszahlen: 1×10^0 , 2×10^1 , 3×10^1 , 4×10^0 , 2×10^1 , 1×10^1 , 2×10^0 , 3×10^0 . Allerdings war manchmal eine sehr starke Abrundung notwendig. Ob hier wirklich eine Gesetzmäßigkeit in bezug auf die Impulsmomente der einzelnen Planetenbahnen vorliegt, ähnlich wie es die Quantentheorie beim Bohrschen Modell behauptet, will der Verfasser nicht entscheiden, sondern nur die ganze Frage zur weiteren Beachtung vorlegen. J. Lense, Wien.

Berichtigung.

Heft 43, S. 800, erste Spalte, Zeile 7 und 6 von unten 137 km/sek. und 193 km statt 134 und 188; S. 800, zweite Spalte, Zeile 13 und 14 von oben muß es heißen 89,1 und 102,8 km statt 88,2 und 101,8 km.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 45. (Seite 821—840)

7. November 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Naturwissenschaft und Demokratie. Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Paul Jensen, Göttingen. S. 821.

Die Entwicklung des Sehrohres für Tauchboote. Von Dr. H. Erfle, Jena. (Schluß.) S. 826.

Das Auftreten einer Mutation vom Standpunkte der Wahrscheinlichkeit. Von Prof. Dr. H. Freundlich, Berlin-Dahlem. S. 832.

Goethe als Naturforscher. Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. J. von Kries, Freiburg i. B. S. 835.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Vereisung des Südpolargebietes. Rußlands Pflanzenölerzeugung. Die letzten deutschen geographischen Forschungen über Neu-Guinea. Neue Karten aus den Anden. S. 837—839.

Astronomische Mitteilungen:

Das Ergebnis einer lichtelektrischen Bestimmung der Helligkeit der Sonnenkorona. Planetenentdeckungen in dem Zeitraum vom 1. Juli 1917 bis 30. Juni 1918. Kometenerscheinungen des Jahres 1918. S. 839—840.



Elektrische Heizkissen

gegen

Ernste Krankheit

und

Leichtes Missbehagen

Fabrik Dr. Heilbrun
Berlin-Nowawes

Zu kaufen in guten elektr. und ärztl. Handlungen.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 90 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydrol-Mundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., oberer Graben 9

Preisliste gratis.

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang } Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Berlin } Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
} Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 167 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(167)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Inflation und Geldentwertung

Finanzielle Maßnahmen zum Abbau der Preise

Gutachten erstattet dem Reichsfinanzministerium

Von

Dr. W. Prion

Professor an der Handelshochschule, Berlin

Preis M. 6.40

und 10 % Teuerungszuschlag gemäß den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

7. November 1919.

Heft 45.

Naturwissenschaft und Demokratie.

Von Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Paul Jensen,
Göttingen.

Man hört nicht selten die Bemerkung, daß eine unbefangene soziologische und politische Beurteilung der menschlichen Natur dazu führen müsse, die demokratische Gesinnung und Politik als der menschlichen Natur widersprechend abzulehnen. Das wird dann auch so formuliert, daß die Biologie und noch allgemeiner die Naturwissenschaft die Demokratie nicht anerkennen könnten. So hat u. a. schon vor längerer Zeit H. E. Ziegler für die Lehren der Sozialdemokratie nachzuweisen gesucht, daß sie durch die Deszendenztheorie widerlegt würden. Und neuerdings hat derselbe Autor dieses absprechende Urteil auch auf die demokratische Politik schlechthin ausgedehnt und überhaupt die Naturwissenschaft in einen Gegensatz zu der letzteren zu bringen unternommen¹⁾. Dabei erhebt Ziegler den Anspruch, im Namen der Naturwissenschaft zu sprechen, wozu ich aber, wie auch schon bei anderer Gelegenheit²⁾, hier sogleich bemerken muß, daß das, was er als die Ansicht der Naturwissenschaft ausspricht, durchaus nicht von jedem Vertreter dieser Wissenschaft anerkannt wird.

Ziegler, an dessen letzte Schrift ich hier vor allem anknüpfen will³⁾, argumentiert in althergebrachter Weise etwa folgendermaßen: Da die verschiedenen menschlichen Individuen zweifellos ungleich an *Begabung* sind, so kann naturgemäß auch ihre soziale und politische Stellung nur eine ungleiche sein. Und da die höher Begabten eine *Minderheit* darstellen gegenüber den mittelmäßig und den schwach Begabten, so muß diese Minderheit, die daher das Wohl des ganzen Volkes und Staates am besten erkennen und erwirken kann, die *Herrschaft* besitzen und der einsichtsloseren großen Masse ihren Willen aufzwingen dürfen. Damit ist dann auch die Ungleichheit der politischen Rechte, wie z. B. ein ungleiches Wahlrecht, sanktioniert. Und ebenso erscheint durch die Ungleichheit der Begabung die Ungleichheit des *Besitzes* gerechtfertigt: Denn die weniger Be-

gaben vermögen sich weniger zu verdienen und auch ihren Besitz weniger gut zusammenzuhalten, so daß sie selbst nach einer einmaligen gleichmäßigen Verteilung allen Besitzes doch bald wieder die Ärmern wären. Auf diesen Zusammenhang weist auch die im allgemeinen parallel laufende Verteilung von *Begabung* und *Besitz* hin; die reichen Volksschichten bestehen auch ganz vorwiegend aus den höher Begabten, und da, wo solche höher Begabten etwa innerhalb der ärmeren Massen auftreten, steigen sie alsbald in höhere Schichten auf.

Kurz gefaßt würde das etwa heißen: Unsere soziale und staatliche Ordnung, wie sie vor der Revolution bestand, verstieß nicht gegen die Gerechtigkeit gegenüber dem einzelnen Staatsangehörigen und entsprach besser dem Wohle der Allgemeinheit als eine demokratische Staatsform (Volksstaat), mit Egalisierung des Wahlrechtes und Parlamentarisierung der Regierung. *Das lehre die Naturwissenschaft.*

Und entsprechend dieser Stellungnahme zu den innerpolitischen Problemen hält Ziegler auch eine *Gewaltpolitik nach außen* für ein Gebot der Naturwissenschaft. Er verlangt, daß ein siegreiches Volk von der Möglichkeit der Gebietsvergrößerung Gebrauch macht (S. 389 seiner Schrift); er behauptet, daß die Kultur die Kriege nicht zu beseitigen vermöge (S. 422), daß künftig nur noch große Reiche oder Staatenverbände sicheren Bestand hätten (S. 423) und dergl. „Internationalismus“, wie ihn besonders die Sozialdemokraten betonen, wird als Gegensatz von „Patriotismus“ bezeichnet (S. 467); überhaupt wird den Vertretern einer Verständigungspolitik in der bei den Gewaltpolitikern leider üblichen Weise Patriotismus und vaterländische Gesinnung abgesprochen (S. 456 f. und 472).

All dem gegenüber muß ich auf das entschiedenste betonen, daß die Naturwissenschaft durchaus nicht in der Lage ist, der Politik diese Lehren zu erteilen, die Ziegler ihr als Naturforscher glauben geben zu dürfen; mit viel mehr Recht kann man das völlige Gegenteil behaupten.

Eine von hoher Warte ausgehende umfassende Betrachtung der ganzen Natur einschließlich der Menschheit lehrt ganz allgemein, einerseits, daß die Gesamtentwicklung der Welt jedenfalls noch auf lange Zeiten hinaus wenigstens im großen und ganzen in der Richtung einer zunehmenden *Harmonie* oder, naturwissenschaftlich ausgedrückt, eines zunehmenden „stationären Zustandes“ (dynamischen Gleichgewichtes) und einer zunehmenden *Mannigfaltigkeit* vor sich geht; und zwar

¹⁾ H. E. Ziegler, Ein Lehrbuch der naturwissenschaftlichen Vererbungslehre und ihrer Anwendungen auf den Gebieten der Medizin, der Genealogie und der Politik. Jena, 1918.

²⁾ P. Jensen, Physiologische Bemerkungen zur Vererbungs- und Entwicklungslehre. „Die Naturwissenschaften“, Jahrg. 7, Heft 30. S. 519, 1919.

³⁾ In etwas größerer Vollständigkeit, als sie hier der Raum gestattet, gedenke ich demnächst an anderer Stelle auf diesen Gegenstand zurückzukommen.

dies alles unter Förderung der sich befruchtenden und Ausgleichung der sich störenden Gegensätze. Andererseits lehrt eine solche naturwissenschaftliche Betrachtung, daß diese Ausgleichung von Gegensätzen im allgemeinen nicht gewaltsam, sondern langsam, allmählich, mit relativ wenig Zerstörungen stattfindet. Das, was alles Geschehen beherrscht, sind die *Energiedifferenzen*, und alles Geschehen in der Welt besteht darin, daß Energiedifferenzen sich ausgleichen, in der organismischen Natur ebenso wie in der anorganischen. Dieser Energieausgleich geschieht nicht immer allmählich, in schonender Weise, sondern nicht selten auch plötzlich, unter mehr oder minder weitreichenden Zerstörungen, wie bei gewaltsamen Entladungen, Explosionen, Katastrophen. *Die Natur ist aber so eingerichtet*, daß Katastrophen verhältnismäßig selten sind, und der in dem Getriebe der Welt mitwirkende *Mensch* stellt einen von denjenigen Energiekomplexen dar, die sich im allgemeinen im Sinne einer Verhütung von Katastrophen betätigen. So wäre es auch ein „naturgemäßes“ Streben des Menschen, Revolutionen zu verhindern, und zwar dadurch, daß die Anhäufung von unausgeglichene Kräfte, eine Voraussetzung für jede Revolution, vermieden wird. Auf diese Weise kann der Mensch diejenige Art des Geschehens, zu der die Natur durch ihre physischen Gesetze meistens geführt wird, durch Eingreifen seines in derselben Richtung strebenden Willens planmäßig fördern.

Wenden wir diese allgemeinen Gesichtspunkte zunächst an auf die *innere Politik*, auf die inneren Vorgänge der großen mannigfaltigen Teilsysteme der Welt, die wir Staaten nennen. Hier wird offenbar dann die größte Mannigfaltigkeit bei größter Harmonie erzielt werden, wenn dafür gesorgt wird, daß die *geistige und körperliche Arbeit der Gesamtheit der Staatsbürger ihren erreichbar größten Umfang und ihre größte Zweckmäßigkeit erreicht, indem sich jeder einzelne hieran mit seiner ganzen Kraft beteiligt, und jeder an der für ihn besonders geeigneten Stelle*. Das aber entspricht gerade dem *demokratischen Ideal*, wonach das ganze Volk zu fruchtbarer Mitarbeit an dem Wohl der Allgemeinheit herangezogen werden soll; wonach insbesondere auch die führenden Persönlichkeiten aus dem ganzen Volke, und nicht nur aus einer einzigen privilegierten Schicht, auszuwählen sind, also keine Tüchtigen aus rein äußeren Gründen den weniger Tüchtigen hintangesetzt werden dürfen, was nur zum Nachteil des Staates und unter Verletzung des hohen Grundsatzes der Gerechtigkeit geschehen kann. Wenn also das Zusammenwirken aller Volksgenossen in dieser Weise organisiert ist, dann haben wir die günstigsten Bedingungen für eine immer weiter sich entfaltende *Mannigfaltigkeit* des Staatslebens, die jedem Staatsbürger die ihm gemäß seiner Veranlagung *erreichbar höchste Lebensform* ermöglicht, was zugleich

eine Voraussetzung für die größte Leistungsfähigkeit des Staates nach außen ist. Und zugleich walten dann auch die Bedingungen für die höchste *Harmonie*; denn alle vermeidbaren, das menschliche Zusammenleben und -wirken störenden sozialen Spannungen sind so aufgehoben: Es bestehen dann keine Gegensätze mehr zwischen einer von der großen Masse des Volkes nicht anerkannten oder doch nicht geschätzten Regierung und den von ihr Regierten, zwischen den durch Ausnahmegesetze Privilegierten und den Nichtprivilegierten, und es können dann viele wertvolle Kräfte, die bisher in unfruchtbarer Weise auf der einen Seite für die gewaltsame Erhaltung der bisherigen Regierungsweisen und Privilegien und auf der anderen Seite für ihre Bekämpfung eingesetzt wurden, zu einer positiven, geistige und materielle Werte schaffenden Arbeit verwendet werden.

Ist dieses demokratische Ideal aber auch nur einigermaßen erreichbar? Widerstrebt ihm nicht die Natur des Menschen? Fehlt es der Hauptmasse der Menschen nicht zu sehr an Einsicht und an ethischem Wollen, d. h. an einem nicht nur durch egoistische, sondern in größerem Umfange auch durch altruistische, soziale und ideale, kurz *anegoistische*, Motive geleiteten Wollen? Mancher möchte vielleicht, zumal im Hinblick auf das jetzt bei uns herrschende Chaos, jene Fragen bejahen und behaupten wollen, daß das wirkliche Ergebnis der Demokratisierung ganz anders aussehen würde als das oben angedeutete Ideal.

Aber selbst wenn das richtig und es daher wünschenswert wäre, die Demokratisierung zu verhindern, so würde sich doch die Schicksalsfrage erheben: Wäre es möglich, sie zu verhindern? Und darauf ist zu antworten: Sie wird kommen, in der ganzen Welt, ob wir wollen oder nicht. Ein großer demokratischer Strom geht über die Erde hin und er bringt gewaltige Zerstörungen — Revolutionen —, wenn man ihn aufzuhalten versucht; daher soll man ihm verständnisvoll ein Bett graben und ihm die Wege weisen.

Aber *nicht nur der Not, der Gewalt gehorchend*, werden wir die Entwicklung einer wohlverstandenen Demokratie begünstigen und fördern. Nein, wir müssen sie auch *aus innerster Überzeugung* freiwillig wünschen, da die oben angeführten Bedenken einer ernsten Kritik nicht standhalten. Denn das Wüten gegen das Staatswohl, das jetzt ein großer Teil unseres Volkes betreibt, und die staatliche Indifferenz und die zahlreichen ethischen Verirrungen erheblicher anderer Teile sind noch kein Beweis dafür, daß unser Volk *dauernd* sein eigenes Wohl versäumen würde, wenn dieses ganz in seine Hände gelegt wäre. Wir dürfen nämlich *eine* außerordentlich wichtige Tatsache nicht außer acht lassen: unser Volk ist infolge des bisherigen undemokratischen Regimes in weitgehendem Maße *staatsbürgerlich unerzogen* geblieben, und zwar hat ihm in großem

Umfang nicht nur die *Erziehung zur Einsicht*, sondern ganz besonders auch die *Erziehung zur Verantwortung* gefehlt. Indem man den großen Massen viel zu wenig Teilnahme an den Geschicken des eigenen Staates gewährte, ja sogar sie in eine feindselige Gesinnung gegen diesen Staat hineindrängte, hat man ihnen das Wertvollste vorenthalten, dessen sie im Interesse des Allgemeinwohles bedurften: das *Verantwortungsgefühl für das Ganze*.

Daher besteht ein erheblicher Teil von dem, was man Demokratisierung nennt, in der *Erziehung des Volkes für den Staat*. Also ein großes *Erziehungsproblem* steckt in dem Problem der Demokratisierung, dessen Lösung erst die Erreichung des höchsten Maßes von Freiheit und die vollste Gerechtigkeit ermöglicht. Diese Erziehung ist eine *intellektuelle* und eine *ethische*. Hierbei muß der einzelne einerseits lernen, was das Interesse des Staates verlangt, und andererseits muß er sich sagen können, daß es auch sein eigener Vorteil ist, wenn er für die Interessen des Staates eintritt. Der Staat soll eben so sein, daß er in gerechter Weise für das Wohl aller sozialen Schichten sorgt, daß er jeden an den Vorteilen, Annehmlichkeiten und Ehren, die er gewährt, in entsprechendem Maße teilnehmen läßt. Dadurch wird das ganze Volk zur freudigen Bejahung, zur fruchtbaren Mitarbeit am Staate erzogen. Bei dieser Erziehung hat eine besonders wichtige Rolle zu spielen die große Lehrmeisterin, die wir die „öffentliche Meinung“ nennen; die freilich nur dann ihr hohes Amt ausfüllen kann, wenn sie hauptsächlich von denen genährt wird, die am reichsten sind an Einsicht und ethischem Wollen.

Es liegt kein triftiger Grund vor, daran zu zweifeln, daß wenigstens die *große Mehrheit unserer Bürger in einem Staate, der ihnen politische, wirtschaftliche und geistige Gerechtigkeit gewährleistet, sich wohl fühlen und ihn deshalb fördern wird, wenn sie eine entsprechende intellektuelle und ethische staatsbürgerliche Erziehung erhalten hat*.

Aus diesen Prinzipien der inneren Politik ergeben sich auch entsprechende Richtlinien für die *äußere*, also für das Verhalten unseres Staates zu anderen Staaten. Als Idealziel wird uns vorschweben eine hochentwickelte Weltorganisation aller Völker, also ein auf gegenseitiges Verständnis und Gerechtigkeit aufgebauter und auf gemeinsame Kulturarbeit und Kulturideale gesteuerter Völkerbund; so daß gleichlaufende Bestrebungen der einzelnen Staaten sich gegenseitig fördern und die Ausgleichung von störenden Interessengegensätzen verschiedener Völker nicht auf dem gewaltsamen, Kulturwerte zerstörenden Wege des Krieges, sondern durch friedliche Verständigung erfolgen kann, wie ich das a. a. O. kürzlich geschildert habe¹⁾. Auch hier sei wieder

auf das große Problem der Erziehung zur Kultur hingewiesen, und zwar gilt es diesmal der Erziehung der ganzen Menschheit. Wer es ernst und ehrlich meint mit diesen Problemen, der erkennt m. E., daß durch die jetzt von uns erlebten schweren Stürme und Gärungen ein gewaltiges Stück politischer Erziehungsarbeit geleistet und selbst unter den Trümmern der Boden bereitet wird für eine notwendige weitere Entwicklung in dem oben angedeuteten Sinne.

Bei der Beurteilung aller dieser Fragen wird so leicht der Fehler gemacht, daß man aus den eigenen Erlebnissen, die zurzeit auch noch besonders eindrucksvoll sind, einseitige Schlüsse zieht; während wir hier allein durch die *weiteste historische Perspektive*, die nicht nur bis zum *prähistorischen Menschen* und seinen *affenähnlichen Vorfahren*, sondern selbst über diese noch weit zurückreicht, richtig geleitet werden können. Und ebenso müssen wir auch das angestrebte Ziel der Demokratisierung, das ja nur ein Idealziel sein soll, stets in entsprechender *großer Entfernung* vor uns sehen. Dann wird auch der Vorwurf des „Doktrinarismus“, den man der demokratischen Politik zu machen liebt, hinfällig werden; denn er ist doch nur dann berechtigt, wenn jemand ohne Verständnis für die auf dem Wege liegenden Hindernisse blindlings auf ein nah gewöhntes Ziel losstürmt. Aber selbst das ist kaum schlimmer als das von nicht-demokratischer Seite vielfach beliebte Verfahren einer aus verschiedenen „kritischen“ Ideen zusammengewürfelten Planlosigkeit.

Die Ausführungen von S. 821—822, mit denen ich eine naturwissenschaftliche Begründung der demokratischen Politik versucht habe, enthalten zugleich eine *prinzipielle Kritik* der nicht-demokratischen Auffassungen. Um diese Kritik noch einmal kurz zusammenzufassen, so lassen die Gegner der Demokratie bei ihren Überlegungen meistens folgende Gesichtspunkte von entscheidender Wichtigkeit außer acht: das Hinstreben der Naturentwicklung zu Gleichgewichten oder Harmonie, die Bedeutung des allmählichen, nicht katastrophalen Ausgleichs, das Unökonomische der gewaltsamen Aufrechterhaltung der Zwangszustände eines undemokratischen Staates, die Unwiderstehlichkeit der demokratischen Entwicklung und das große in der Demokratisierung steckende Erziehungsproblem.

Zu dieser allgemeinen Kritik seien ferner noch einige *spezielleren* Einwände gegen die Ausführungen Zieglers hinzugefügt. Sie betreffen die folgenden vier Komplexe von Fragen: Erstens die Beurteilung der politischen Befähigung, die Verteilung der politisch tüchtigen Individuen in den verschiedenen Volksschichten und ihr Hineingelangen in führende Stellungen; zweitens die Beziehungen zwischen Begabung und Besitz, mit der Frage der Arbeits-

in der Politik. Schriftenreihe „Der Tag des Deutschen“, Heft 12, Berlin 1919.

¹⁾ Paul Jensen, Die alte und die neue Gesinnung

pflicht und der wirtschaftlichen Gerechtigkeit; drittens die Rolle der ethischen Kräfte im Volksleben und viertens Fragen der äußeren Politik.

Was zunächst den *ersten* Komplex von Fragen anbelangt, so vertritt *Ziegler* die weitverbreitete Meinung, daß eine Regierung dann die fähigsten Männer bekommt, also für das Wohl der Allgemeinheit am besten gesorgt ist, wenn die kleine soziale Oberschicht herrscht und die politischen Führer liefert. Sein Beweis: In dieser Schicht befinden sich infolge der natürlichen Auslese die meisten „Begabten“, was auch durch statistische Untersuchungen an Schülern erhärtet wird (S. 332 f.). Bei einer Herrschaft der tieferen sozialen Schichten würden nicht besonders tüchtige Personen, sondern nur mittelmäßige ans Ruder kommen: „Die Abgeordneten des allgemeinen gleichen direkten Wahlrechts sind die Abgesandten des Durchschnittsverständes.“

Dagegen ist vieles einzuwenden. Zunächst ist keineswegs jeder „Begabte“ schlechthin zum politischen Führer zu gebrauchen. Gerade ein solcher bedarf außer den Eigenschaften, die durch Begabungsprüfungen, selbst nach den höchstentwickelten Methoden, festgestellt werden, ganz besonders gewisser anderer Qualitäten, die nicht so leicht zu fassen und zu messen sind: etwa das, was man „gesunden Menschenverstand“¹⁾ nennt, ferner Wirklichkeitssinn, Organisationsvermögen, Vorurteilslosigkeit, Konsequenz, Energie und Besonnenheit. Dergleichen ist vielleicht für einen Politiker wertvoller als eine „höhere“, aber einseitige und in der sozialen Oberschicht alsbald durch Klassenvorurteile noch verkrüppelte Begabung. Wir haben in den letzten Jahren zur Genüge gesehen, daß einer z. B. ein guter Gelehrter und doch ein schlechter Politiker sein kann.

Beurteilen wir die politische Befähigung in dieser Weise, so müssen wir einräumen, daß sich in den unteren sozialen Schichten viel mehr geborene Politiker befinden dürften, als man gewöhnlich anzunehmen geneigt ist. Es bedeutet daher eine Schädigung der Allgemeinheit und eine Ungerechtigkeit gegen den Einzelnen, wenn derartige Persönlichkeiten nicht in höhere Lebensstellungen gelangen können. Und das kann nicht widerlegt werden durch die Behauptung, daß begabte Individuen infolge ihrer Leistungen in der Regel von selbst in höhere Stellungen aufsteigen. Denn *Ziegler* sagt selbst, daß ein solches Aufsteigen nur innerhalb des Standes, dem der Betreffende angehört, und nicht über dessen Grenzen hinaus stattzufinden pflegt; während diese erst von der nächsten Generation überschritten werden können. Und ferner kann es auch nur als Ausflucht bezeichnet werden, wenn geltend

gemacht wird, daß auch im Arbeiterstande usw. tüchtige Leute gebraucht werden. Deshalb dürfen, aus Gründen des Allgemeinwohles und der Gerechtigkeit, nicht wertvolle Kräfte an einer Stelle festgehalten werden, wo sie nicht voll zur Auswirkung kommen. Die Nachfrage nach tüchtigen Arbeitskräften auch für weniger anspruchsvolle Berufe muß sich anders befriedigen lassen.

Werden nun aber die verschiedenen Volksschichten die in ihrem Schoße befindlichen politischen Begabten auch wirklich zu erkennen und, wenn sie Führer zu wählen haben, auch an die richtige Stelle zu bringen wissen? *Ziegler* scheint dies für die soziale Oberschicht ohne weiteres anzunehmen, während er es für die „große Masse“ in Abrede stellt.

Wir wollen dies Problem zunächst hinsichtlich der letzteren behandeln. Da ist es falsch, wenn *Ziegler* meint, daß die große Masse nur Individuen von Durchschnittsverstand als Führer wählen können (s. oben S. 30). Waren etwa die Abgeordneten der großen Massen auf der internationalen Sozialistenkonferenz in Bern, also ein *Henderson*, *Branting*, *Ramsay Macdonald*, *Huysmans* usw. oder sind die Führer unserer deutschen Sozialdemokraten Männer von „Durchschnittsverstand“? Es ist doch klar, daß das Führer-Werden kein rein passives Geschehen ist; vielmehr werden, falls dies nicht durch Zwangsmaßregeln verhindert wird, im allgemeinen solche Individuen zu Abgeordneten gewählt, die sich schon vorher durch Initiative, Sachkenntnis usw. über die Hauptmasse ihrer Wähler aktiv hinausgehoben haben. Es handelt sich also augenscheinlich um Persönlichkeiten, die über dem Durchschnitt ihrer Wähler stehen; Persönlichkeiten, von denen die Wähler eine besonders gute Führung ihrer Angelegenheiten erwarten, zu denen sie Vertrauen haben und die ihnen imponieren. Wir sehen Analoges ja auch im Tierreich, wo die tüchtigsten Individuen, nämlich die stärksten, mutigsten, mit den besten Sinnen ausgestatteten, aufmerksamsten sich als „Leittiere“ einem Rudel, einer Herde usw. an die Spitze setzen. Es ist also nicht zu befürchten, daß unser Staat nur Führer von Durchschnittsverstand bekomme, wenn die großen Massen bei der Wahl eine maßgebende Rolle spielen. Wohl aber wird sich zunächst vielleicht nicht vermeiden lassen, daß manche Sonderinteressen der großen Massen unter solchen Umständen eine Bevorzugung erfahren, so wie das undemokratische alte Regime auf die Oberschicht besondere Rücksicht nahm. Doch ist in dieser Hinsicht auf Grund der Erfahrung eine der Allgemeinheit günstige Entwicklung zu erwarten. Wenn nämlich die in führende Staatsstellungen gelangten Vertrauenspersonen, der großen Massen Tüchtigkeit und Pflichtgefühl besitzen, was in ruhigen, geordneten Zeiten doch die Regel sein dürfte, so wird das verantwortungsreiche, hohe Anforderungen an Wissen und Verständnis stellende Amt im allgemeinen

¹⁾ Gewiß wird mit der Betonung des „gesunden Menschenverstandes“ mancher Mißbrauch getrieben, so z. B., wenn man ihn bei der Beurteilung wissenschaftlicher Fragen der Fachbildung gleichstellt. Aber jede geistige Bildung, die nicht den Zusammenhang mit dem Leben verlieren will, bedarf seiner als geistiger Grundfunktion:

eine starke Anregung geben zu einer weiteren Förderung ihrer staatsbürgerlichen Erziehung, nämlich einer Stärkung ihres ethischen Wollens und einer Vermehrung ihrer Einsicht in die Erfordernisse des Allgemeinwohles. Die Behandlung dieser Fragen führt also auch nicht zu einem Bedenken gegen die Zulassung der großen Massen zu den Staatsgeschäften.

Ferner ist es nicht richtig, daß die soziale Oberschicht, solange sie die Macht hatte, auch wirklich die politisch Tüchtigsten in führende Stellungen gebracht hat. Das beweisen der *furchtbare Schiffbruch unserer äußeren Politik* und die *Revolution*. Hätten wir die richtigen Männer an der Spitze gehabt, so wäre entweder der Krieg überhaupt nicht gekommen oder wir hätten ihn in vernünftiger Weise rechtzeitig zum Abschluß gebracht; und eine Revolution ist stets nur die Quittung für eine unvernünftige, in unserem Falle die undemokratische, innere Politik. Also die soziale Oberschicht wählte nicht die richtigen Männer, obwohl sich solche unter den demokratisch Gesinnten gefunden hätten. *Man hat eben diese vernünftigen Leute nicht ans Ruder gelassen*, solange unser Staat sich noch hielt; und selbst als es schon zu spät war, wurde nur zögernd Wandel geschaffen. Erst durch die revolutionäre Unterstützung der großen Massen wurde die Bahn völlig frei für die Wahl einsichtsvoller, demokratisch gesinnter Führer, die nun freilich einen schweren Stand hatten gegenüber der herandrängenden Unvernunft der politisch unerzogenen und daher utopistischen und verbrecherischen Agitatoren zugänglichen Volksmenge.

Daher dürfen wir zusammenfassend sagen: Die *Gesamtheit* des Volkes — was durchaus nicht gleichbedeutend mit der „*großen Masse*“ ist — ist jetzt und besonders auch künftig besser geeignet, die erforderlichen Führer zu liefern und ausfindig zu machen als die größtenteils in einem einseitigen Intellektualismus aufgezüchtete, durch ihre Klasseninteressen und -vorurteile beschränkte Minderheit der *sozialen Oberschicht*. Das entspricht der wahren demokratischen Auffassung, die selbstverständlich etwas ganz anderes bedeutet als das törichte Schlagwort, im demokratischen Staate hätten die zahlreichen Dummen, Untüchtigen ebensoviel zu sagen wie die Minderheit der Weisen und Tüchtigen.

Wir kommen zu dem *zweiten* Komplex von Fragen. Durch den Versuch eines Nachweises, daß *Begabung* und *Besitz* im allgemeinen parallel laufen, scheint Ziegler andeuten zu wollen, daß er die bisherige Verteilung von Besitz und Einkommen im wesentlichen natürlich und berechtigt findet. Das scheint mir aber nicht die angemessene Art und Weise zu sein, wie man diesem Problem gerecht wird. Ohne auf die Versuche zur Lösung des letzteren einzugehen, muß ich doch der Ungerechtigkeit gedenken, die darin lag, daß besonders unter dem alten Regime zum

Teil so gewaltige Unterschiede zwischen den materiellen Lagen verschiedener Volksgenossen bestanden, die selbst dann nicht unbeanstandet bleiben könnten, wenn bei jedem Individuum Begabung und Besitz bzw. Einkommen einander wirklich proportional wären, was ja keineswegs der Fall ist. Diese Ungerechtigkeit wird nun dadurch noch größer, daß einerseits die in den unteren sozialen Schichten befindlichen begabten Individuen trotz sehnstüchtigem Verlangen und Bemühen infolge ihrer materiellen Lage meistens nicht nach höheren geistigen Sphären gelangen können, während andererseits an so manchen reichen Dummkopf nicht nur materielle, sondern auch geistige Genüsse, für die er kaum Verständnis und Verlangen hat, vergeudet werden; daß ferner viele fleißigen Arbeiter sich und ihre Familien nur dürftig zu erhalten vermögen, während so mancher reiche Faulenzer, ohne irgendwelche Kulturwerte zu produzieren, im Überfluß leben kann. Das ist auch *unnatürlich*, wenn wir unter „*natürlich*“ das verstehen, was dem Wesentlichen des Kosmos und des Naturgeschehens entspricht, wie ich dies oben S. 821 charakterisiert habe.

Der *dritte* Komplex von Fragen, nämlich derjenigen nach der Rolle der *ethischen Kräfte* im Völkerleben, findet bei Ziegler auch nicht die gebührende Würdigung. Zwar treffen wir gelegentlich auf Bemerkungen über die Bedeutung, die der Moral, dem Gefühl und den Idealen zukomme; aber dies alles spielt bei Zieglers politischen Theorien keine wesentliche Rolle, sie sind vielmehr, wie bei allen orthodoxen Darwinianern, ganz vorwiegend auf die den „Kampf ums Dasein“ beherrschenden *egoistischen* Instinkte, Triebe und Motive aufgebaut. Auf einen Hauptgrund für diese Vernachlässigung der viel *Anegoistischen*¹⁾ enthaltenden ethischen Kräfte, nämlich das Nichthineinpassen des Anegoistischen in die Darwinsche Theorie, sei hier nur hingewiesen²⁾. Und mit allem Nachdruck sei die große Macht betont, die im Leben der Völker den ethischen Tendenzen zukommt, wie dem Streben nach Gerechtigkeit, der Idee der Freiheit, dem Bewußtsein der Verantwortung nicht nur gegenüber dem eigenen Volk, sondern auch gegenüber der Menschheit, dem Mitgefühl, dem Ehrgefühl usw. Auch wenn wir die hier teilweise mitwirkenden egoistischen Komponenten abziehen, so bleibt doch noch ein bedeutender Komplex anegoistischer Kräfte übrig. Man darf wohl sagen, daß jeder geistig gesunde Mensch in irgendwelchen Punkten ethisch orientiert ist, während andere Gebiete seines Lebenshaushalts sittlich brach liegen können. Auch auf *diese* die Wirkungssphäre der ethischen Kräfte möglichst auszudehnen, ist ein vornehmstes Ziel der *Erziehung*.

¹⁾ Siehe S. 23.

²⁾ Wie man diese Schwierigkeiten leicht vermeiden kann, habe ich a. a. O. gezeigt; siehe P. Jensen, Organische Zweckmäßigkeit usw., besonders S. 239 ff.

Da das ethische Wollen in hohem Maße von der Einsicht und damit auch von der intellektuellen Begabung abhängt, so könnte man vielleicht im Sinne der undemokratischen Einstellung meinen, daß die soziale *Oberschicht* zugleich mit dem größeren Gehalt an intellektueller Begabung auch reicher an ethischen Fähigkeiten sei. Hierbei aber wäre außer acht gelassen, daß das Ethische neben den intellektuellen Kräften noch eigenartige *andere* Wurzeln in der Organisation des menschlichen Geistes besitzt, die mit dem „gesunden Menschenverstand“ zusammenhängen und damit also gerade auch in den tieferen sozialen Schichten heimisch sein dürften (siehe S. 824).

Auch hierdurch wird die schon oben (S. 822) erwähnte Erhöhung der ethischen Leistungsfähigkeit unseres Volkes durch die *Demokratisierung* in Aussicht gestellt. Denn eine gewaltige Fülle bisher gehemmter¹⁾ und mißleiteter ethischer Kräfte der großen Massen würde dann mobilisiert werden können. Und auch die soziale Oberschicht, deren zum Teil gedankenloser Klassenegoismus unter dem früheren undemokratischen Regime in mancher Hinsicht geradezu gezüchtet wurde, dürfte durch die demokratische Annäherung und Interessengemeinschaft aller Volksgruppen eine starke ethische Anregung erfahren.

Über den die *äußere* Politik betreffenden *vierten* Komplex von Fragen nur noch wenige Bemerkungen. An anderen Orten²⁾ habe ich schon ausführlich die Gründe dargelegt, die für *Verständigungspolitik* und gegen *Gewaltspolitik* sprechen; dem Versuch einer naturwissenschaftlichen Rechtfertigung der letzteren durch *Ziegler* ist dort schon der Boden entzogen. Dasselbst wurde auch gezeigt, auf welche Weise früher oder später einmal Kriege vermieden werden können. Dem sei noch einiges hinzugefügt. Eines der Hauptprinzipien der *Demokratie* und *Sozialdemokratie* ist es doch, künftig Kriege zu verhindern. Das heißt aber im Gegensatz zu der beliebten Phrase von der Unausrottbarkeit der Kriege nicht weniger als dies: *Wenn in der ganzen Kulturwelt die Demokraten und Sozialdemokraten ans Ruder kommen, dann werden aller Wahrscheinlichkeit nach die Kriege aufhören.* Vielleicht möchte ja ein Skeptiker behaupten, daß die Demokraten, wenn sie erst einmal eine Zeitlang die Führung der Staaten gehabt hätten, durch die Erfahrung allmählich dahin gebracht würden, nebst anderen unerreichbaren Idealen auch ihre pazifistischen Bestrebungen aufzugeben. Sollte aber wirklich einmal ein solcher *höchst unwahrscheinlicher* Rückfall³⁾ vor kommen, so läßt doch gerade die naturwissen-

schaftliche Erkenntnis erwarten, daß auch über diesen Rückfall hinweg die allgemeine Kultur-entwicklung in der Richtung des organisatorischen Pazifismus¹⁾ weitergehen werde.

Einer Richtigstellung bedarf auch noch die auf S. 821 zitierte Meinung *Zieglers*, daß „*Internationalismus*“ und „*Patriotismus*“ sich ausschließen. *Ziegler* verwechselt, wie das so oft geschieht, den Internationalismus mit einer Gesinnung, die man etwa als „*Innationalismus*“ bezeichnen könnte, nämlich die Einstellung auf eine Auflösung aller Nationen in eine allgemeine Mischung. Was der Internationalismus aber in Wirklichkeit anstrebt, sind vernünftige, auf gegenseitiger Rücksicht beruhende Beziehungen zwischen den verschiedenen Völkern; und das setzt doch, wie auch alle bisherigen internationalen Vereinbarungen und Veranstaltungen, die Nationen mit ihren ganzen Eigenarten voraus²⁾. Gegen die falsche „*Gefühlspolitik*“, die zu Verirrungen der eben bezeichneten Art führt, habe ich mich auch schon früher ausgesprochen³⁾.

Somit komme ich zu dem Schluß: Die Naturwissenschaft, insbesondere die Biologie, haben bei der Gewinnung zuverlässiger politischer Urteile ein gewichtiges Wort mitzureden. Aber sie vermögen dieser großen Pflicht nur dann zu genügen, wenn sie sich selbst zu hoher Warte erheben und von Einseitigkeit möglichst frei halten. Und dann erkennen wir auch, daß nur die *demokratische* Anschauung in einer widerspruchsfreien, die ganze Natur samt dem Menschen und seinem Wirken umspannende *Weltanschauung* hineinpaßt.

Die Entwicklung des Sehrohres für Tauchboote.

Von Dr. H. Erfle, Jena.

(Schluß.)

§ 6. Multiperiskop und Ringbildsehrohr.

Als Ersatz für ein Rundblicksehrohr kann in gewissem Sinne ein Multiperiskop dienen, das meistens 8 Okulare, Okularprismen und auch die gleiche Zahl zugehöriger Objektive und Eintrittspiegelprismen enthält, wobei diese 8 in einem Rohr vereinigten Sehrohre ein gemeinsames Umkehrsystem haben. Es kann auch noch Umschaltung auf Mattscheibenbeobachtung vorgesehen sein, wie sie später (in § 7) beschrieben wird. Die Gesichtsfelder der 8 Sehrohre überschneiden sich noch etwas, damit man sicher alle Punkte des Horizontes ohne Drehung des Sehrohres sieht. Vorteile eines so gebauten Rohres sind, daß es fest in der Stopfbüchse bleiben kann und daß 8 Beobachter gleichzeitig beobachten können. Die Fig. 11 stellt ein solches Sehrohr dar, das über-

¹⁾ Siehe oben S. 414 f.

²⁾ *Paul Jensen*, Die alte und die neue Gesinnung in der Politik. Schriftenreihe „Der Tag der Deutschen“, Heft 12, Berlin 1919.

³⁾ Siehe ²⁾ S. 41 f.

¹⁾ Siehe ²⁾ S. 39.

²⁾ Siehe hierüber auch *P. Jensen*, Die alte und die neue Gesinnung, S. 39.

³⁾ Ebenda S. 54 ff.

dies statt einer der 8 Mattscheiben noch ein Okular enthält, um das durch ein in der Mitte über die 8 Objektive herausragendes Verlängerungsrohr entworfene Bild beobachten zu können.

Ebenfalls Beobachtung des gesamten Horizontes auf einmal, jedoch im Blickfeld ein und desselben Beobachters, gestattet das Ringbildsehrohr, dessen im Jahre 1878 mit *Mangin* beginnende Entwicklung unter anderen durch die Namen *Aldis*, *Zeiß*, *Goerz* gekennzeichnet ist. Der im Vergleich zu den bisher beschriebenen Sehrohren neue und wesentliche Teil ist eine sogenannte Ringlinse, die man sich dadurch entstanden denken kann, daß man ein sehr schmales Eintrittsspiegelprisma des soeben beschriebenen Multipleriskopes um eine senkrechte Achse rotieren läßt. Der so entstandene ringförmige Körper, bei dem allerdings die Prismenflächen vorher durch Linsenflächen ersetzt zu denken sind, wird meist derart ausgeführt, daß die spiegelnde Fläche eine „torische“ Fläche ist. Das ist eine solche, deren Meridianschnitt einen Krümmungsmittelpunkt hat, der nicht auf der Rotationsachse liegt.

Die Eintrittsfläche ist eine Kugelfläche, die Austrittsfläche der Ringspiegellinse ist eine Kugelfläche, deren Mittelpunkt in der Aperturbende des Sehrohres liegt. In Fig. 12 stellt R_1 eine solche Ringlinse im Schnitt dar; es mag dadurch veranschaulicht werden, daß eine solche Ringlinse kein reelles (zugängliches) Bild entwirft, sondern ein virtuelles (unzugängliches). Der freie Raum in der Mitte dieser Ringlinse wird zweckmäßig dazu benutzt, das Objektiv O_1 und das Eintrittsprisma P_1 eines der üblichen Sehrohre unterzubringen. Allerdings müssen die beiden genannten optischen Elemente so aufgebaut werden, daß sie in bezug auf die Bildumkehrung ebenso wirken wie die Ringspiegellinse, und daß das Mittelbild in derselben Ebene B_1 liegt wie das Ringbild. Dieses Mittelbild umfaßt ein kleineres gegenstandsseitiges Gesichtsfeld als sonst, weil das Ringbild einen gewissen Bereich für sich beansprucht. Um Fig. 12 zu einem Sehrohr zu vervollständigen, ist zu dem Umkehrsystem O_2 und der Feldlinse O_3 noch ein zweites Linsenumkehrsystem und ein Okular mit einfachem Spiegelprisma P_2 hinzuzudenken. Ringbildsehrohre mit durchgeführtem Mittelbild wurden von den Firmen Aldis, Goerz und Zeiß beschrieben bzw. gebaut. Bei dem Ringbildsehrohr mit durchgeführtem Mittelbild, wie es von der Firma Zeiß geliefert wurde, ist die Vergrößerung des Ringbildes $0,5\times$ (d. h. also Verkleinerung auf die Hälfte), das Gesichtsfeld der Höhe nach 17° . Das gegenstandsseitige Gesichtsfeld des Mittelbildes beträgt 30° für die Vergrößerung $1,5\times$, der Durchmesser der Austrittspupille ist für beide Bilder 6 mm. Der zwischen den beiden Bildern befindliche Kreisring kann zur Unterbringung eines Teilkreises benutzt werden. Beim Beobachten durch ein solches Sehrohr sieht das

Auge ein Bild, wie es die Fig. 13 darstellt. Alle Punkte des Horizontes werden in einem Kreis ab-

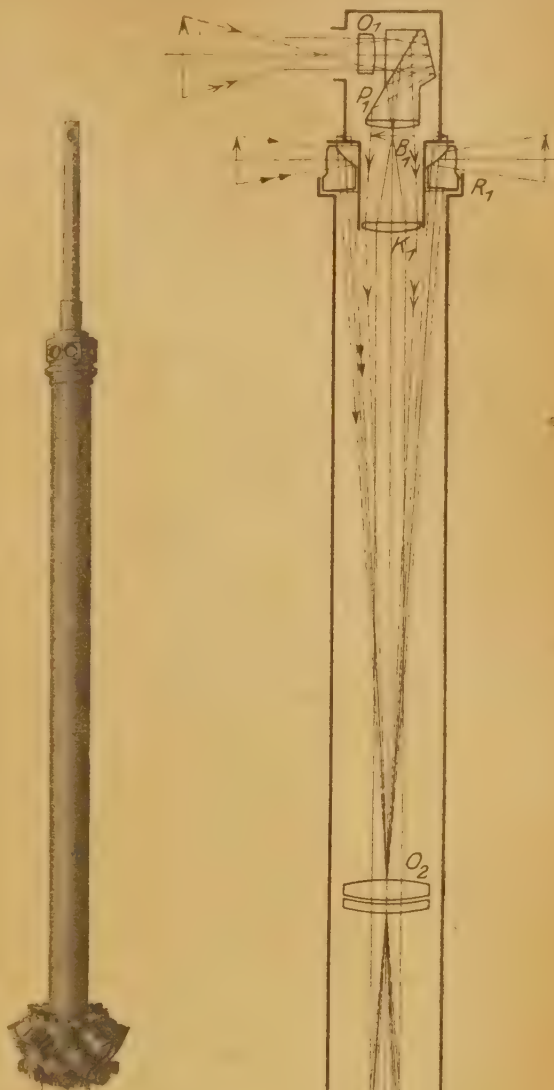
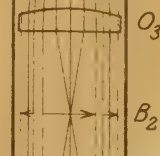


Fig. 11.
($\frac{1}{37}$ nat. Gr.)
Multipleriskop mit
Verlängerungsrohr.

Fig. 12.
Oberteil des Ring-
bildsehrohres.



gebildet. Punkte innerhalb des Horizontes liegen auch im Ringbild innerhalb des Horizontbildes. Über dem Horizont befindliche Punkte, die unter gleichem Höhenwinkel erscheinen, liegen auf einem Kreise außerhalb des Horizontbildes. Der obere Teil des Ringbildes entspricht dem vergrößerten Mittelbild, das also der Blickrichtung nach vorn entspricht; der untere Teil gibt den im Rücken des Beobachters befindlichen Teil des Horizontes wieder. Das Sehrohr kann in der üblichen Weise in der Stopfbüchse drehbar oder auch mit drehbarem Innenrohr versehen sein.

§ 7. Das Mattscheibensehrohr.

Da die einäugige Beobachtung durch ein Sehrohr bei längerer Dauer sehr anstrengend ist, hat man es durch geeignete Bauart ermöglicht, daß der Beobachter das auf einer Mattscheibe entworfene Bild mit beiden Augen sehen kann. Es gibt dazu zwei Wege, welche auch beide beschritten wurden. Der erste besteht darin, daß durch Ausschalten des die Lichtstrahlen nach dem Okular ablenkenden einfachen Spiegelprismas der Weg freigegeben wird nach einem Spiegel, der die Lichtstrahlen auf eine unterhalb des Okulares etwas geneigt zur senkrechten Sehrohrachse liegende Mattscheibe ablenkt. Dabei wird durch selbsttätiges, gleichzeitiges Einschalten einer Linse, in diesem Falle einer Zerstreuungslinse, oder eines aus Sammel- und Zerstreuungslinse zusammengesetzten Systems dafür gesorgt, daß das Bild auf der Mattscheibe scharf erscheint.

Ein solches Mattscheibensehrohr, das wechselweise auch die gewöhnliche einäugige Beobachtung mit Vergrößerungswechsel zuläßt, ist in Fig. 14 dargestellt. Dieses Sehrohr alter Bauart, wie es jetzt nicht mehr ausgeführt wird, hat den Nachteil, daß der Beobachter, um das auf der Mattscheibe entworfene Bild mühelos zu sehen, sich mindestens 20–25 cm von der Mattscheibe entfernen muß. Damit ist aber verbunden, daß man einen Teil des Sehrohrraumes auf der Mattscheibe gespiegelt sieht. Um diesem Nachteil abzuweichen, haben insbesondere Goerz und Zeiß Sehrohre gebaut, bei denen der Beobachter für die einäugige Beobachtung und die Mattscheibenbeobachtung an derselben Stelle bleibt. Der Grundgedanke beider Sehrohrbauarten besteht darin, daß die ein- und ausschaltbare Mattscheibe im Innern des Sehrohres liegt.

Nebenhstehende Fig. 15 und 16 zeigen den Okularkopf eines von der Firma Zeiß gebauten Mattscheibensehrohres, dessen Bauart der Firma Zeiß durch das Deutsche Reichspatent 260 158 vom 10. April 1912 geschützt ist. Es wird, um von der einäugigen Beobachtung zur Mattscheibenbeobachtung überzugehen, durch Bewegung der Kurbel K_1 die Mattscheibe M an die Stelle des vom Okularkollektiv entworfenen Bildes gebracht und gleichzeitig die Augenlinse O_2 ausgeschaltet, so daß man durch die große Sammel-

linse O_2 mittels beider Augen das von der Mattscheibe in endlicher Entfernung entworfene Bild im konvergenten Sehen beobachten kann. Ein gemeinsamer Nachteil aller Mattscheibensehrohre ist die Herabsetzung der Helligkeit durch die diffuse Brechung in der Mattscheibe. Wählt man, um diesen Nachteil einigermaßen zu vermeiden, das Korn der Mattscheibe zu fein, dann geht wieder der Vorteil der Mattscheibe, die rasche Auffassung des Bildes, verloren.

§ 8. Binokulares Sehrohr (Sehrohr für beidäugige Beobachtung).

Von den Nachteilen eines Mattscheibensehrohres im wesentlichen frei ist das binokulare Sehrohr, das nichts weiter ist als die Vereinigung zweier paralleler Sehrohre von unter sich gleichen optischen Eigenschaften in einem gemeinsamen Nickelstahlrohr, derart, daß durch bekannte optische Mittel dafür gesorgt wird, daß die Grundbedingungen des binokularen Sehens erfüllt werden, nämlich, daß die beiden Blicklinien nach den im Unendlichen liegenden aufrechten Bildern der beiden Sehrohrhälften parallel sind, und daß die beiden Sehrohrhälften die Augen des Beobachters derart in die Eintrittsfenster verlegen, daß das zum linken Auge gehörige Eintrittsfenster auch links von dem zum rechten Auge gehörigen Eintrittsfenster liegt. Außerdem muß Einstellbarkeit der Okulare oder, allgemeiner ausgedrückt, der Okulare und der zugehörigen Prismen möglich sein derart, daß der Abstand der Okularachsen gleich dem Augenabstand des Beobachters gemacht werden kann.

Das binokulare Sehrohr hat dem gewöhnlichen nur für einäugige Beobachtung eingerichteten Sehrohr gegenüber den Nachteil, daß es größeren Durchmesser erfordert bei gleicher Länge und bei sonst gleichen optischen Eigenschaften (Vergrößerung, Gesichtsfeld, Durchmesser der Austrittspupille).

§ 9. Das Luftzielsehrohr.

Die Entwicklung der Fliegerwaffe hat es mit sich gebracht, daß auch beim Bau von Tauchbootssehrohren verlangt wurde, nicht nur den Horizont und einen dem halben Sehrohrgesichtsfeld entsprechenden Teil oberhalb und unterhalb des Horizontes zu beobachten, sondern auch Ziele, die unter Geländewinkel bis zu 90° erscheinen (also im Zenith). Einem solchen Zwecke dient das Luftzielsehrohr.

Schon vor Jahren wurden von Zeiß Luftzielsehrohre ausgeführt, bei denen allerdings die dem Ausblick nach den Luftzielen dienenden optischen Sehrohrteile eine Verlängerung des Sehrohres über die Objektive des wagerechten Ausblicks hinaus von ungefähr 15 cm nötig machten. Im wesentlichen war keine Verlängerung mehr nötig bei einem Luftzielsehrohr alter Bauart, dessen Objektivkopf in der nebenstehenden Fig. 17 dargestellt ist. Durch den wagerechten Ausblick

können Gegenstände beobachtet werden bis zu 20° oberhalb des Horizontes, mittels des Luftzielausschnitts durch das obere in der Fig. 17 mit F bezeichnete Fenster ein Gesichtsfeld, das sich er-

dings nur $\frac{3}{4}$ malig, sein rundes Gesichtsfeld umfaßt 90° . Dieses alte Luftzielsehrohr wurde bald durch das Zeiß-Luftziel-Sehrohr ersetzt, dessen Objektivkopf Fig. 18 zeigt.



Fig. 13. Landschaftsbild beim Ringbildsehrohr mit vergrößertem Mittelbild.

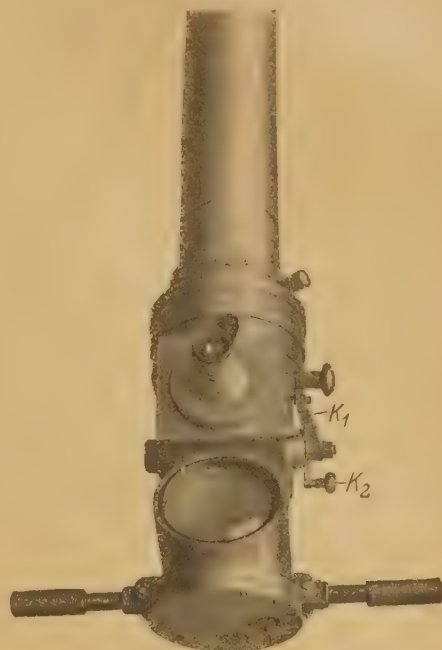


Fig. 14. ($\frac{1}{12}$ nat. Gr.) Älteres Mattscheibensehrohr, Kurbel K_1 dient zum Wechsel zwischen einäugiger Beobachtung und Mattscheibenbeobachtung, Kurbel K_2 dient dem Wechsel der Vergrößerung.



Fig. 15. ($\frac{1}{11}$ nat. Gr.) Okularkopf eines Zeißischen Mattscheibensehrohrs.

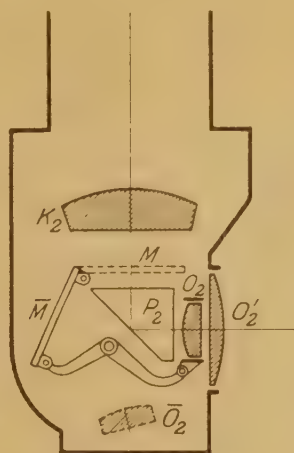


Fig. 16. Unterteil des Mattscheibensehrohrs der Firma Carl Zeiß.



Fig. 17. ($\frac{1}{6}$ nat. Gr.) Älteres Zeißisches Luftzielsehrohr. (Objektivkopf.)



Fig. 18. ($\frac{1}{10}$ nat. Gr.) Neues Zeißisches Luftzielsehrohr. (Objektivkopf.)

streckt von Geländewinkel 15° bis zum Geländewinkel 105° (d. h. also, es sind noch Gegenstände sichtbar, die 15° hinter der Senkrechten liegen). Die Vergrößerung dieses oberen Bildes ist aller-

Es können alle Punkte des vorderen oberen Quadranten sowohl mit 1,5 maliger als auch mit 6 maliger Vergrößerung beobachtet werden. Der Übergang von einem Geländewinkel zum anderen

geschieht einfach durch Kippen des Objektivspiegelprismas um eine wagerechte Achse. Da das Abschlußglas zur Erzielung eines möglichst niederen Kopfes und eines nach allen Seiten möglichst gleichmäßig aussehenden Sehrohrkopfes als Hohl-

eine mittlere Stellung des aus P_1 und P_1' zusammengesetzten Eintrittsdoppelprismas und der Wanderlinse W .

Auch bei diesem Sehrohr kann wechselweise mit schwacher oder starker Vergrößerung beob-

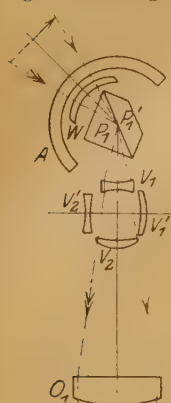


Fig. 20. Objektivkopf eines Kippbildsehrohres. (Die mit ∇ und \blacktriangledown bezeichneten Strahlen gelten für eine um 45° gehobene Eintrittsachse.)



Fig. 20 a. ($1/10$ nat. Gr.) Objektivkopf eines Zeißischen Kippbildsehrohres.

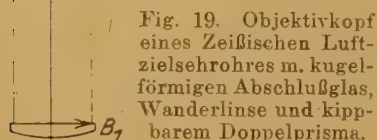


Fig. 19. Objektivkopf eines Zeißischen Luftzielsehrohres m. kugelförmigen Abschlußglas, Wanderlinse und kippbarem Doppelprisma.

Fig. 21. ($1/12$ nat. Gr.) Okularkopf eines Zeißischen Kippbildsehrohres.

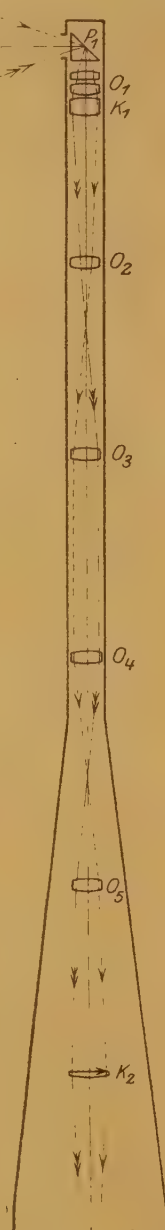
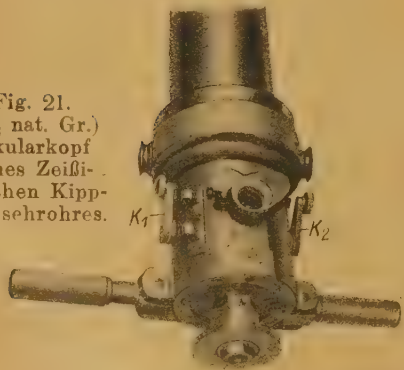


Fig. 22. Verjüngtes Oberteil eines Zeißischen Sehrohres mit Kippbildprisma und Vergrößerungswechsel.

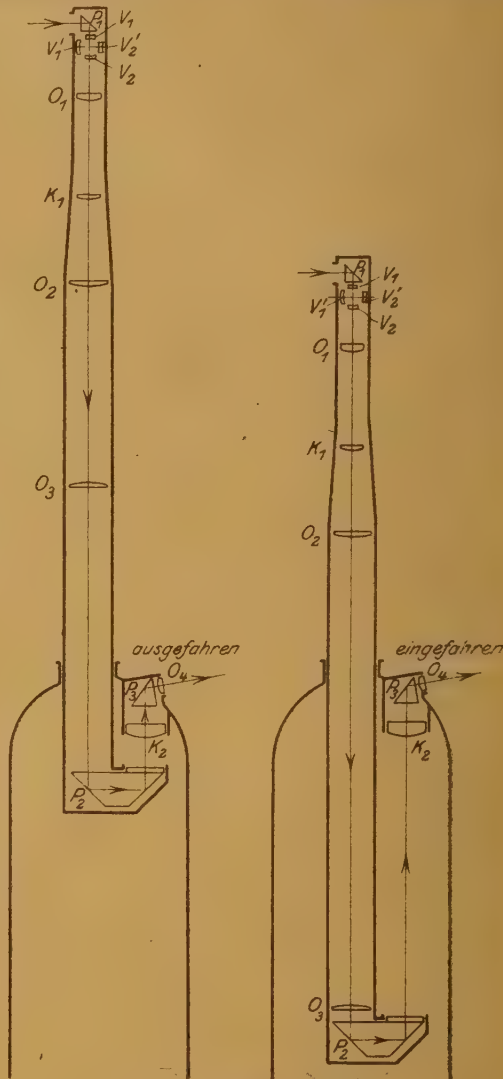


Fig. 23. Standsehrohr.



Fig. 24. ($1/2,4$ nat. Gr.) Zeißischer Doppelbild-Entfernungsmesser.

kugel A' ausgebildet ist, so muß außer dieser Hohlkugel und dem Eintrittsprisma eine wandernde Linse vorgesehen sein, die sich doppelt so schnell wie das Eintrittsprisma dreht und welche die optische Wirkung der Abschlußkugel in jeder Beziehung aufhebt. Obenstehende Fig. 19 zeigt

achtet werden: je nachdem die Linsen V_1 , V_2 oder V_1' , V_2' wirksam sind.

§ 10. Das Kippbildsehrohr.

Beobachtung nicht bis zum Zenith gestattet das aus dem Luftzielsehrohr hervorgegangene

Kippbildsehrohr, dessen Objektivabschlußglas wieder, wie früher üblich, eine senkrechte planparallele Glasscheibe ist, die aber etwas länger ist als bei einem üblichen Sehrohr, da ja die Lichtstrahlen einen gewissen Geländewinkel bestreichen sollen. Die bei dem in § 9 (Fig. 19) beschriebenen Luftzielsehrohr vorhandene Wanderlinse ist in diesem Falle überflüssig.

Fig. 20 zeigt das Abschlußglas A , das Objektiv O_1 und seine Brennebene B_1 ; das Prisma P_1 ist gezeichnet einmal für wagerechten Ausblick, das anderemal für Ausblick schräg nach oben.

Fig. 20a zeigt das Äußere des Oberteils eines solchen Sehrohres.

Die Kurbel K_1 des Zeißschen Kippbildsehrohres, dessen Okularkopf in Fig. 21 dargestellt ist, dient der allmählichen Änderung der Eintrittsachse von einem bestimmten Winkel unterhalb der Wagerechten an bis zu einem bestimmten Geländewinkel; die Kurbel K_2 dient dem Übergang von der starken zur schwachen Vergrößerung.

§ 11. Sehrohr mit besonders dünnem Oberteil.

Will man die Verjüngung des Oberteiles noch weiter treiben als wie bei dem in § 4 beschriebenen Sehrohr, dann muß man statt der bisher benutzten zwei gegeneinander geschalteten astronomischen Fernrohre entweder drei benutzen in Verbindung mit dem in § 2 angewandten Mittel des Prismenumkehrsystems, oder man benutzt vier gegeneinander geschaltete astronomische Fernrohre. Den Strahlengang in einem solchen Sehrohr zeigt die Fig. 22. Man muß sich die Fig. 22 noch durch das in Fig. 3 mit O_1O_2 bezeichnete Linsenumkehrsystem und durch das Okulare ergänzen denken¹⁾.

Aber auch hier kann man mit der Herabsetzung des Oberteildurchmessers nicht beliebig weit gehen, da durch die Lichtdurchlässigkeit und durch die Bildgüte optische Grenzen gesetzt sind. Bekanntlich wirft jede Fläche einen kleinen Bruchteil des auf sie fallenden Lichtes in der Richtung auf den Gegenstand zurück. Je mehr solche Flächen vorhanden sind, desto dunkler wird das durch das Sehrohr entstehende Bild. Ferner wird bei bestimmt gegebener Größe der Austrittspupille und bei bestimmter Vergrößerung jede der Linsen des Sehrohres mit einer um so größeren relativen Öffnung benutzt, je dünner das Sehrohr werden soll. Damit wird es aber auch immer schwieriger, dieselbe Bildgüte zu erzielen wie bei einem in § 4 beschriebenen Sehrohr. Jedoch sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß sich auf die eben beschriebene Art durchaus brauchbare Sehrohre mit besonders dünnem Oberteil bauen lassen.

¹⁾ Bei einem solchen Sehrohr schneiden die Hauptstrahlen (zwischen dem Gegenstand und der Netzhaut des Auges) die optische Achse nicht dreimal (Eintrittspupille, Öffnungsblende, Austrittspupille), sondern fünfmal.

§ 12. Das Standsehrohr.

Das hauptsächlich durch die Firma C. P. Goerz entwickelte Standsehrohr beseitigt einen Nachteil des gewöhnlichen Sehrohres, der darin besteht, daß der Beobachter beim Einziehen des Sehrohres entweder nur noch bei einer kleinen Verschiebung des Sehrohres beobachten kann, oder mittels eines Fahrstuhls, der an dem Sehrohr befestigt ist, mit nach abwärts fährt und somit von den übrigen Instrumenten, die er zu beobachten hat, getrennt wird. Die optische Wirkungsweise des Standsehrohres, das übrigens außer von Goerz auch von Zeiß gebaut wurde, ist in Fig. 23 dargestellt. In der links gezeichneten ausgefahrenen Stellung des Sehrohres hat die Linse O_3 des Umkehrsystems den kleinsten Abstand von der Linse O_2 des Umkehrsystems. Da die einem im Mittelpunkt des Gesichtsfeldes abgebildeten Gegenstandspunkt entsprechenden Strahlen zwischen O_2 und O_3 der Achse parallel verlaufen, so kann dieser Abstand bis zu einem (bei der rechts gezeichneten eingefahrenen Stellung) wesentlich größeren Abstand wachsen, ohne daß das Bild dieses Gegenstandspunktes unscharf wird, wenn durch einen geeigneten Mechanismus dafür gesorgt wird, daß das Licht von der Linse O_3 bis zum Okularkollektiv K_2 immer denselben Weg zurücklegt. Man wird dabei im allgemeinen zulassen, daß bei der eingefahrenen Stellung die Helligkeit des Bildes am Rande des Gesichtsfeldes etwas kleiner ist als bei der ausgefahrenen, also am meisten benutzten, Stellung des Sehrohres. Außer dem Okularprisma P_3 ist noch das doppeltspiegelnde Prisma P_2 vorhanden, das den Zweck hat, die Lichtstrahlen zweimal zu knicken, damit der bewegliche (einziehbare) Teil des Standsehrohres am Okular vorbei nach abwärts sich bewegen kann. Das Bild kann in der oben angedeuteten Art so lange scharf erhalten werden, bis die Linse O_3 das Prisma erreicht. Es ist dann wohl noch ein weiteres Einziehen des Sehrohres möglich, aber das Bild wird bei weiterem Einziehen immer unschärfer, weil der Lichtweg von der Linse O_3 bis zum Okularkollektiv K_2 sich immer weiter von dem richtigen Werte entfernt.

Der vorhin genannte Vorteil des Standsehrohres muß allerdings mit großem Aufwand von mechanischen Mitteln erkaufte werden.

§ 13. Einige Hilfsapparate zum Sehrohr.

Es sollen nunmehr einige im Sehrohr verwendete Hilfsapparate besprochen werden.

Wie schon lange bekannt ist, insbesondere für militärische Zwecke, kann man durch Anordnung einer durchsichtigen Teilung in der Bildebene (beim Sehrohr hat man im allgemeinen deren zwei zur Verfügung), beispielsweise bei Fig. 6 in den Ebenen B_1 oder B_2 , die Entfernung vom Sehrohr bis zum Gegenstand dann bestimmen, wenn man die Größe des Gegenstandes, meistens die Höhe oder die senkrechte Entfernung des

oberen Schornsteinendes von der Wasserlinie kennt. Wählt man dabei die Teilung derart, daß das Verhältnis von Entfernung zu Gegenstandsgröße gleich einer runden Zahl, beispielsweise 100 und dergleichen ist, dann kann man ohne Rechnung Entfernungen bestimmen. An Stelle einer solchen Strichplatte, die den Nachteil hat, daß die Striche nicht immer gerade da sind, wo sie dem Bilde des Gegenstandes entsprechend sein müßten, hat man häufig zwei bewegliche parallele Meßfäden angewandt, die an verschiedene Stellen in der unteren Gesichtsfeldblende gebracht werden konnten und deren Abstand veränderlich war. Auch hier läßt sich erreichen, daß man entweder außen am Okularkopf oder gleichzeitig mit dem Sehrohrbild ablesen kann, welche Entfernungen zu einer bestimmten bekannten Gegenstandsgröße gehören. Man wählt dabei, wie schon vorhin angenommen wurde, im allgemeinen die Maße von Gegenständen in der Senkrechten, da je nach dem gegenseitigen Kurswinkel des Tauchbootes und des feindlichen Schiffes die horizontalen Maße verkürzt erscheinen. Da auch die Meßfadenentfernungsmesser noch einen großen Nachteil haben, nämlich den, daß bei Schwankungen des Unterseebootes die Einstellung nur schwierig genau erfolgen kann, hat man bald Doppelbild-Entfernungsmesser eingeführt, die in der Astronomie in dem Heliometer schon seit langem, wenn auch in anderer Form, bekannt sind. Einen sehr handlichen und allen Anforderungen entsprechenden Doppelbild-Entfernungsmesser hat die Firma Zeiß ausgeführt. Dieser ist in der Fig. 24 wiedergegeben.

Er kann bequem auf das Okular aufgesteckt werden, (siehe *D* in Fig. 8). Der Bau dieses Doppelbild-Entfernungsmessers besteht im wesentlichen darin, daß man dem Beobachter in der linken und rechten Hälfte des Gesichtsfeldes nicht dasselbe Bild darbietet, sondern zwei Bilder, die nur bei unendlich großer Entfernung¹⁾ ohne senkrechten Sprung ineinander übergehen. Er enthält im wesentlichen zwei halbierte holländische Fernröhrchen, deren Vergrößerung ganz nahe bei 1 liegt, und deren Linsen einstellbar sind durch Drehung an dem geriffelten Knopf *K* (Fig. 24). Die beiden kreisförmigen Teilungen für die Basis und für die Entfernung sind nichts weiter, als wie die auf Kreislينien angeordneten Teilungen des bekannten Rechenschiebers. Durch einen geeigneten Mechanismus wird dafür gesorgt, daß, falls man das obere Ende des Bildes eines bekannten Gegenstandes in einem Bild mit dem unteren Ende des Bildes desselben Gegenstandes in der anderen Bildhälfte zur Deckung bringt, unmittelbar die Entfernung in Hektometern ablesen kann, die zu der bekannten Höhe dieses Gegenstandes gehört. Beispielsweise ge-

hört zu der in Fig. 24 angenommenen Einstellung zur Basis 5 m die Entfernung 16,1 Hektometer, zur Basis 10 m die Entfernung 32,2 Hektometer usw.

Der an der Stopfbüchse des Sehrohres angebrachte Teilkreis für die Ablesung der Drehung in der Horizontalen kann durch geeignete optische Mittel im Gesichtsfeld des Sehrohres abgebildet werden.

Als hauptsächlichster mechanischer Nebenapparat zum Sehrohr ist der Trockenapparat zu erwähnen, der dazu dient, von Zeit zu Zeit die sich im Sehrohrinnern sammelnde feuchte Luft nach Durchleitung durch den Trockenapparat in trockene Luft zu verwandeln. Er enthält als wesentlichen Bestandteil eine Luftpumpe und mehrere mit Chlorcalcium gefüllte Kammern.

Das Auftreten einer Mutation vom Standpunkte der Wahrscheinlichkeit.

Von Prof. Dr. H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

In einem kürzlich in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsatz hat *K. Stern*¹⁾ den m. E. sehr richtigen Gedanken ausgesprochen, daß man bei der Frage nach der Entwicklung der organischen Welt in ähnlicher Weise mit der Wahrscheinlichkeit rechnen sollte, wie es bei der molekularkinetischen Auffassung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik geschieht²⁾. Der Vorgang, der die Entwicklung bedingt, ist die *Mutation*, und *Stern* nimmt an, daß alle nur möglichen Mutationen auch wirklich auftreten, aus denen dann die wahrscheinlichsten und bestangepaßten bevorzugt zur Geltung kommen. Man könnte die Entwicklung mit einem Diffusionsvorgang vergleichen — die Berechtigung dazu liegt darin, daß beide als „nicht umkehrbar“ anzusehen sind. Wie bei der Diffusion, etwa der Teilchen einer kolloiden Lösung in ein reines Lösungsmittel hinein, die Verschiebungen der Teilchen infolge der Brownschen Molekularbewegung ihr Fortschreiten in dem reinen Lösungsmittel bedingen, so bedingen die Mutationen das Fortschreiten der Entwicklung in der organischen Welt.

In den nachfolgenden Zeilen soll versucht werden, die Mutation selbst vom Standpunkte der Wahrscheinlichkeit aus zu deuten. Vorweg müssen einige molekularkinetische Betrachtungen von *Smoluchowski*³⁾ zum Verständnis des Späteren erörtert werden.

Man habe eine kolloide Lösung, deren Teilchen sich so verteilt haben, wie es dem Gleichgewichtszustand entspricht, und man betrachte einen kleinen abgegrenzten Raum in der Lösung unter dem Ultramikroskop. Der Raum soll nicht durch

¹⁾ Die Naturwissenschaften 6, 585 (1918).

²⁾ Siehe den letzthin in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsatz von *Ph. Frank* „Die statistische Betrachtungsweise in der Physik“.

³⁾ Physik. Zeitschr. 17, 557 (1916).

¹⁾ Allgemein ausgedrückt: falls der Winkel, unter dem die beiden Bilder dem Auge dargeboten werden, kleiner ist als ein durch die Sehschärfe des Beobachters bedingter Winkelwert.

wirkliche Wände mechanisch abgegrenzt sein, sondern optisch, also allein gegenüber den dunklen Nachbarräumen beleuchtet sein. Die in diesem Raume enthaltene Zahl der Teilchen bleibt dann nicht die gleiche, sondern sie erfährt unaufhörliche Schwankungen, weil infolge der Brownschen Bewegung in einem fort Teilchen ein- oder austreten. *Svedberg*¹⁾ erhielt z. B., als er in einer kolloiden Goldlösung in bestimmten Zeitabständen beleuchtete und die Teilchen zählte, für die in einem und demselben Raumteil enthaltenen Teilchen eine Folge von Zahlen, wie sie in Tabelle 4 von *Frank*²⁾ aufgeführt ist.

Das Mittel aus diesen Zahlen entspricht natürlich der von dem Gleichgewicht geforderten Teilchenzahl; aber es treten auch recht erhebliche Abweichungen von dieser durchschnittlichen Zahl auf, die um so seltener erscheinen und um so kürzer dauern, je unwahrscheinlicher sie sind. In diesen Versuchen von *Svedberg* war z. B. 1,55 die durchschnittliche Zahl. Die größte Abweichung war die Zahl 7, die einmal während der ganzen Messungsdauer beobachtet wurde. Man nennt *durchschnittliche Wiederkehrzeit* einer bestimmten Zahl die Zeit, in der im Durchschnitt die betreffende Zahl wieder auftritt, und *durchschnittliche Daseinsdauer* die Zeit, während der sie durchschnittlich bestehen bleibt. *Smoluchowski* hat die Theorie dieser beiden wichtigen Größen näher entwickelt.

Hier ist nur bedeutsam, daß in den Formeln für die durchschnittliche Wiederkehrzeit und die durchschnittliche Daseinsdauer die Größe des betrachteten Raumteiles vorkommt. So lautet z. B. die *Smoluchowskische* Formel für die durchschnittliche Wiederkehrzeit bei dauernder Beobachtung:

$$\vartheta = \frac{v \pi}{\omega c} \sqrt{\frac{3}{v}} e^{\frac{\delta^2}{2}}.$$

In dieser ist ϑ die durchschnittliche Wiederkehrzeit, v das Volumen des betrachteten Raumteiles, ω die Größe seiner Oberfläche, c die wahre Geschwindigkeit der Teilchen, v die durchschnittlich in dem Raum enthaltene Zahl von Teilchen,

δ der Abweichungsgrad. Es ist $\delta = \frac{n-v}{v}$, wo n

die gerade betrachtete, vom Durchschnitt abweichende, in dem Raumteil vorhandene Zahl von Teilchen ist. Der Einfluß der Raumgröße macht sich nicht bloß darin geltend, daß in der Formel das Verhältnis von Volumen zu Oberfläche vorkommt, sondern auch dadurch, daß die Durchschnittszahl v mit wachsender Raumgröße stark anwächst. *Smoluchowski* berechnet als Beispiel für den Einfluß der Raumgröße auf die Wiederkehrzeit diejenige Wiederkehrzeit ϑ , in der der Sauerstoff in der Luft eine um 1 % höhere Konzentration hat als im Durchschnitt, und zwar für eine Luftmenge, die innerhalb einer Kugel vom

Radius a enthalten ist. Tabelle 2 ergibt die nach der genannten Formel berechneten Werte von ϑ für verschiedene a .

Tabelle.

a in cm	ϑ in Sekunden
1 · 10 ⁻⁵	10 ⁻¹¹
2,5 · 10 ⁻⁵	1
3 · 10 ⁻⁵	10 ⁶
5 · 10 ⁻⁵	10 ⁶⁸
1	10 ^(10⁶⁴)

Wie man sieht, ist schon für einen Radius von 1 cm die Wiederkehrzeit unmeßbar groß, während sie für Räume mit dem Radius von etwas unter 1 μ schon zu einer häufigen Beobachtung der Abweichung führen würde. Bei noch kleineren Räumen ist die Abweichung von 1 % so gering, daß sie ganz ins Bereich der häufigsten Schwankungen fällt.

Nun scheint mir für biologische Vorgänge folgendes wichtig zu sein: Die Raumgrößen, bei denen die Wiederkehrzeiten für verhältnismäßig große Schwankungen nicht praktisch unendlich lang sind, die Daseinsdauern aber noch lang genug, daß die ungewöhnliche Schwankung als physikalisch wirksam betrachtet werden darf, diese Raumgrößen liegen im mikroskopischen Gebiet bei Durchmessern von einigen μ . Das sind aber Raumgrößen, wie sie die biologischen Raumeinheiten, die Zellen oder autonome Zellabteilungen, haben. Ich möchte es daher für möglich halten, daß eine Mutation durch eine solche außergewöhnliche Schwankung im molekularkinetischen Sinne bedingt wird.

Gegen eine derartige Auffassung lassen sich von vornherein verschiedene Einwände erheben. Einmal kommt es bei den biologischen Vorgängen stets auf Geschwindigkeiten an, Gleichgewichtszustände sind wohl nie und nirgends, auch nicht für kurze Zeit, vorhanden. Man wird aber den stationären Zustand, wie er etwa in einer ruhenden, reifen Keimzelle besteht, und auf diese kommt es uns jetzt namentlich an, vielleicht unbedenklich mit dem oben betrachteten Gleichgewichtszustand vergleichen und bei ihm ähnliche Schwankungen annehmen dürfen.

Dann handelt es sich bei der Betrachtung *Smoluchowskis* um Räume, die nur optisch abgegrenzt sind. Der Raum einer Keimzelle hat dagegen Grenzwände mit scharf ausgeprägten Eigenschaften. Soweit ich sehe, werden dadurch wohl die Formeln für die durchschnittliche Wiederkehrzeit und die Daseinsdauer verändert, nicht aber der grundsätzliche Umstand, daß die Größe der Räume von Einfluß ist. Denn die Tatsache, daß es dabei auf das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen und auf die Geschwindigkeit der Moleküle ankommt, bleibt unverändert bestehen. Es ist nicht einzusehen, weshalb nicht auch in einer Zelle eine Schwankung derart auftreten soll, daß während von 20 Molekülen einer bestimmten Art im Durchschnitt 7 im Inneren der Zelle sind und 13 an

1) Die Existenz der Moleküle S. 148 (1912).

2) Die Naturwissenschaften 7, 726 (1919).

der Wand, bei einer Schwankung nur 1 im Inneren bleibt und 19 an die Wand treten.

Man könnte sich also etwa folgendes Bild von einer Mutation machen: In einer Keimzelle sei die durchschnittliche Verteilung einer Molekülart so, daß eine bestimmte Reihe zueinander abgestimmter physikalisch-chemischer Vorgänge aufeinander folgen; und diese Folge bleibt auch erhalten, solange nur kleine Abweichungen vom Durchschnittswert der Verteilung eintreten. Eine solche bestimmte Gruppe von Reaktionen, die zueinander abgestimmt neben- und nacheinander verlaufen, scheint mir das zu sein, was als *Gen* bezeichnet wird. Es ist wohl als sicher anzunehmen, daß dieser charakteristische Ablauf von jeder an ihm beteiligten Molekülart fordert, daß sie in bestimmter begrenzter Menge vorhanden ist. Allein der Umstand, daß erheblich mehr oder weniger von einer Molekülart vorhanden ist, kann den regelrechten Ablauf beeinträchtigen. Ist z. B. ein Zuviel von einer Molekülart vorhanden, so werden Moleküle von ihr noch vorhanden sein zu einer Zeit, in der bereits eine nachfolgende Reaktion einsetzt, die eigentlich für ihren regelrechten Ablauf voraussetzt, daß diese Moleküle völlig bei den vorangehenden Vorgängen verbraucht worden sind. Oder es kann auch durch dieses Zuviel eine Reaktion katalytisch so beschleunigt werden, daß ihr Ablauf nicht mehr im Einklang mit anderen, daneben verlaufenden, von dieser Molekülart unabhängigen Reaktionen steht.

In der unbefruchteten Keimzelle haben wir, wie gesagt, einen stationären Zustand vor uns, der ähnlichen Schwankungen unterliegen soll wie der erörterte Gleichgewichtszustand. Durch den Befruchtungsvorgang wird der Ablauf dieser Reaktionsgruppen eingeleitet, und es wird darauf ankommen, in welchem Zeitpunkt, bei welchem Schwankungszustand also, die Befruchtung gerade eintritt.

Sie soll nun gerade in einem Augenblick eintreten, in dem durch eine sehr erhebliche Schwankung in der Keimzelle eine sehr erhebliche Veränderung einer Molekelzahl statt hat, so daß der regelrechte Ablauf gefährdet ist. Dann erscheint es durchaus möglich, daß an Stelle dieses Ablaufes ein veränderter Ablauf eintritt, und zwar wohlverstanden, ein grundsätzlich veränderter Ablauf, bei dem etwa neue Stoffe auftreten, bei dem die Geschwindigkeiten der Reaktionen und ihre Verknüpfungen miteinander andere sind. Infolgedessen ist auch der weitere Ablauf der Lebensvorgänge bei dem aus dieser Keimzelle entstandenen Lebewesen ein anderer, und die im Laufe dieses Lebens neu gebildeten Keimzellen enthalten demgemäß veränderte Reaktionsgruppen. Es ist also eine nicht umkehrbare, vererbare Veränderung eingetreten. Dieser infolge der großen Schwankung hervorgerufene, grundsätzlich veränderte Ablauf einer Reaktionsgruppe wäre nach meiner Auffassung eine Mutation.

Nun verfolgt man nicht wie in einer kolloiden

Lösung ein einziges Gebilde über eine, wenn man will, unendlich lange Zeit, sondern man hat gleichzeitig eine sehr große Zahl von Keimzellen, die nicht völlig gleich sind, sondern sich nach einer Fehlerkurve verteilen und in jeder neuen Generation nach einem bestimmten Zeitabstand eine neue Folge solcher Keimzellen. Bei der kolloiden Lösung ist es selbstverständlich, daß man, solange der Gleichgewichtszustand erhalten bleibt, in der oben erörterten Weise die durchschnittliche Wiederkehrzeit und Daseinsdauer für die Schwankungen berechnet. Dagegen wird es nur mit einer gewissen Annäherung erlaubt sein, die Summe der Lebensdauern aller jener Keimzellen mit dem Dauerzustand der Kolloidlösung zu vergleichen und auch für jene Summe in entsprechender Weise die durchschnittliche Wiederkehrzeit und Daseinsdauer der Schwankungen zu berechnen. Immerhin ist es wahrscheinlich, daß sich ein gewisser Bruchteil von Keimzellen in einer Generation oder innerhalb mehrerer Generationen im Zustand einer erheblichen Schwankung im Augenblick der Befruchtung befindet. Damit würde im Einklang stehen, daß die Mutationen einen bestimmten Bruchteil einer Generation auszumachen scheinen¹⁾. Im glücklichen Grenzfall könnte man einmal hoffen, aus der Größe dieses Bruchteils auf denjenigen Vorgang in der Keimzelle zu schließen, dessen Schwankung zu der Mutation geführt hat.

Manche Angaben sprechen dafür, daß das Auftreten von Mutationen durch stark veränderte äußere Bedingungen, wie Veränderung der Temperatur der Umgebung usw., begünstigt wird. Dies wäre vom hier erörterten Standpunkte aus nicht erstaunlich, denn die durchschnittliche Wiederkehrzeit und die Daseinsdauer im oben betrachteten Fall einer kolloiden Goldlösung hängen stark von äußeren Umständen ab, von Temperatur, Zähigkeit des Lösungsmittels u. a. m. Man könnte sich daher gut denken, daß die durch äußere Umstände bedingte Verschiebung die für die Mutation erforderliche große Schwankung wahrscheinlicher macht, als sie es unter den gewöhnlichen Umständen ist.

Es läßt sich schwer absehen, wie groß die Schwankungen in der Keimzelle sein können und wie groß eine Schwankung sein muß, damit eine solche Mutation auftritt. Man könnte vielleicht glauben, daß diese Schwankungen äußersten Falles einige Prozente betragen und dies kaum genügen möchte, um eine Mutation hervorzurufen. Dem muß entgegengehalten werden, daß schon in der verhältnismäßig groben Kolloidchemie des Reagenzglases Vorgänge bekannt sind, z. B. die Koagulation von kolloiden Lösungen durch Elektrolyte, bei denen eine Erhöhung der Elektrolytkon-

¹⁾ W. L. Tower, An investigation of evolution in chrysomel beetles of the genus *Leptinotarsa*, Washington (1906), Carnegie Institution. S. 271 u. f. E. Baur, Mutationen von *Antirrhinum majus*, Zeitschr. f. induktive Abst. u. Vererbungslehre 19, 177 (1918).

zentration um 10 % die Geschwindigkeit des Vorganges ungefähr verdoppelt, während sie bei einer Erhöhung um 100 % etwa auf das Dreißigfache gesteigert wird. Es ist danach nicht unwahrscheinlich, daß auch in der Kolloidchemie der Zelle Vorgänge vorhanden sind, die auf eine verhältnismäßig kleine Konzentrationsänderung mit einer derart großen Änderung der Geschwindigkeit antworten, möglicherweise erst, wenn eine gewisse Konzentrationsgrenze überschritten ist, wie das auch für die erwähnte Koagulation durch Elektrolyte zutrifft. Derartige Vorgänge möchten durchaus genügen, um die für eine Mutation erforderliche Störung des regelrechten Ablaufs denkbar zu machen.

Herrn Dr. K. Stern möchte ich auch an dieser Stelle für manchen Hinweis und manche kritische Bemerkung bestens danken.

Goethe als Naturforscher.

Vortrag,

gehalten bei der Tagung der Goethe-Gesellschaft zu Weimar am 28. September 1919 von Geheimrat

J. von Kries, Professor der Physiologie zu Freiburg i. B.

(Selbstreferat.)

Im Anschluß an die bekannte Lehre *Windelbands*, derzufolge der Naturforschung nicht nur die ihr zu meist zugerechneten Wissenschaften, sondern auch die Lehre von den Vorgängen und Gesetzen des Seelenlebens, die Psychologie, zuzuweisen ist, hat der Vortragende sich die Aufgabe gestellt, nicht über *Goethe* als Naturforscher in ganz allgemeiner Weise, sondern speziell über *Goethe als Psychologen* bzw. über *Goethes Psychologie* zu sprechen. Einleitend werden die Gründe und der Sinn dieser Auffassung dargelegt. In der Gesamtheit unseres Wirklichkeits-Erkennens können wir zwei grundsätzlich verschiedene Aufgaben auseinanderhalten. Die eine besteht darin, die der Wirklichkeit innewohnenden Ordnungen und Gesetze zu ermitteln. Mit einer restlosen Angabe aller Gesetze würde aber die Wirklichkeit nicht erschöpfend bestimmt sein. Sie weist auch eine unbegrenzte Menge einzelner, individueller Verhältnisse auf, die sich aus den Gesetzen nicht ableiten lassen, die wir lediglich als etwas tatsächlich Gegebenes betrachten müssen. So wird etwa ein Bewegungsgesetz bestimmen, wie die Weltkörper sich bewegen; welche Körper aber überhaupt vorhanden und wie sie von Haus aus angeordnet sind, das wird vermutlich aus einem allgemeinen Gesetz nicht herzuleiten sein. Wir können daher die in Form von Gesetzen ausdrückbaren und die das rein Tatsächliche, Individuelle betreffenden, die *nomologischen* und die *ontologischen* Bestimmungen der Wirklichkeit auseinanderhalten, entsprechend auch die mit den einen und den anderen befaßten Wissenschaften. Die unübersehbare Fülle des Einzelnen ist nun aber nur unter besonderen Voraussetzungen soweit von Bedeutung, daß sie einen Gegenstand wissenschaftlicher Festhaltung bildet, vor allem dann, wenn den Einzelverhältnissen eine Bedeutung im Zusammenhange unserer Kulturbestrebungen zukommt. So bestimmt sich der Inhalt der auf individuelle Verhältnisse gerichteten Wissenschaften überall nach *Wertgesichtspunkten*, wie das

vor allem in der *Geschichte* leicht erkennbar ist, während andererseits den auf Gesetze gerichteten Wissenschaften solche Wertgesichtspunkte fremd und ihnen durchaus fern zu halten sind. Geht man hiervon aus, so erscheint als wichtigstes Merkmal aller überhaupt auf ein Wirklichkeits-Erkennen gerichteten Wissenschaften das, ob sie, unter Ausschaltung aller Wertgesichtspunkte, die Erfassung von Gesetzen zur Aufgabe haben oder ob sie mit den nach Wert-rücksichten ausgewählten individuellen Gestaltungen sich beschäftigen. Und erblickt man in der ersteren Zielsetzung die charakteristische Eigentümlichkeit der Naturwissenschaften, so wird nun diesen auch die Lehre von den allgemeinen Erscheinungen und Gesetzen des Seelenlebens zuzurechnen sein, wie das *Windelband* als ein Ergebnis seiner Auffassung mit besonderem Nachdruck gefordert hat. Auch wenn man diese Betrachtung nicht gerade für ganz zwingend und durchgreifend hält, ist anzuerkennen, daß jedenfalls Psychologie in naturforscherischem Geiste behandelt werden kann. Und die Psychologie *Goethes* ist sicher von diesem Geiste erfüllt und in diesem Sinne orientiert. Es zeigt sich das schon bei den Beschreibungen einzelner Persönlichkeiten, die wir so zahlreich in denjenigen seiner Schriften antreffen, die von seinem Leben berichten (Dichtung und Wahrheit, italienische Reise usw.). Man bemerkt, wie er bestrebt ist, die seelischen Eigentümlichkeiten jedes ihm begegnenden Menschen sich aufs genaueste klar zu machen. Das Streben nach verallgemeinernder Zusammenfassung zeigt sich schon in der feinen Charakterisierung der Nationalitäten (Engländer und Franzosen), ferner auch ganzer Gruppen durch besondere seelische Eigentümlichkeiten ausgezeichneter Menschen, wie z. B. der „problematischen Naturen“. — Noch mehr nähern sich der naturwissenschaftlichen Betrachtung die Anschauungen über die *seelische Entwicklung im Laufe des Lebens*. Hier steht im Mittelpunkt die Überzeugung, daß die wichtigsten Eigenheiten durch die Veranlagung fest gegeben sind. Jeder durchläuft die Bahn gemäß „dem Gesetz, wonach er angetreten“. Daher soll auch die Erziehung den individuellen Anlagen ausgiebig Rechnung tragen, allerdings nicht etwa immer die ausgesprochenen Talente unterstützen, sondern gerade auch den durch natürliche Anlage weniger begünstigten Seiten zu Hilfe kommen. Die Entwicklung des Einzelnen gleicht derjenigen, die die Menschheit in ihrer Gesamtheit hat durchlaufen müssen, ein Satz, der uns jetzt durch seinen Anklang an *Haeckels* biogenetisches Grundgesetz besonders interessiert. Daher ist auch Anschauungs- und Betrachtungsweise der Jugend und des Alters zwar ausgesprochen verschieden, ohne daß man aber die eine als die richtigere bezeichnen dürfte; die eine ist an sich so zutreffend und berechtigt wie die andere.

Was die seelischen Unterschiede des *männlichen* und *weiblichen Geschlechts* anlangt, so entspricht es *Goethes* ganzer Denkungsart, solche in ausgesprochener Weise als naturgemäß gegeben anzuerkennen. Namentlich die Fähigkeit zu selbständigen künstlerischen oder wissenschaftlichen Hervorbringungen erkennt er dem weiblichen Geschlecht nur in beschränktem Maße zu, dessen Sache es vielmehr ist, „das Fertige“, was ihm der Mann gibt, zu benutzen. Auch im ästhetischen Urteil wird die Frau zu stark durch gefühlsmäßige Momente beeinflusst, Manche Umstände lehren freilich, daß *Goethe* von der Intelligenz des weiblichen Geschlechts doch

keineswegs gering dachte. Es ist vielleicht in diesem Punkte besonders schwierig, ein ganz sicheres Bild von seinen Ansichten zu gewinnen.

Die große Fülle wichtiger Gedanken Goethes über psychologische Verhältnisse der verschiedensten Art (den Wert der Geduld, des Leichtsinns, Bescheidenheit und Dünkel, Selbsterkenntnis, künstlerisches und wissenschaftliches Lernen usw.) werden nur in kurzem summarischen Hinweis gestreift, wonach der Vortragende sich zu einer eingehenden Besprechung von Goethes Anschauungen über menschliches Wissen und Erkennen wendet, darüber insbesondere, wie wir Welt und Wirklichkeit erfassen können und sollen. In dieser Hinsicht steht an der Spitze, daß Goethe die *sinnliche Wahrnehmung* als Grundlage und Hauptsache alles Naturerkenntnis ansieht. Überall betont er die fundamentale Bedeutung des *Phänomens*, während er in der *Theorie* ein Verfahren von geringerem, zweifelhaftem Wert erblickt, das oft mehr geeignet ist, irrezuführen als zu fördern. Freilich bedeutet das Wahrnehmen nicht etwas bloß Rezeptives, sondern erfordert eine eigene Betätigung, eine Verarbeitung des unmittelbar sinnlich Gegebenen. Diesen letzteren Punkt hat Goethe im Laufe der Zeit mehr und mehr betont. Besonders ist dies in seinen Auffassungen und Darstellungen von der *Metamorphose der Pflanze* ersichtlich. Der ursprüngliche Gedanke an eine tatsächlich vorhandene, also unmittelbar wahrnehmbare *Urpflanze* wird allmählich durch die Annahme eines *Typus* ersetzt, der durch die vergleichende Betrachtung erkennbar wird. — Der enge Anschluß an die Sinneseindrücke unterscheidet die Art des Naturerkenntnis, die Goethe forderte, von derjenigen, die jetzt weite Gebiete der Naturforschung beherrscht. Denn bei dieser werden die uns umgebenden Dinge in Begriffen gedacht, die sich aus den Elementen des *mathematischen Begriffskreises* aufbauen. Man kann die beiden Arten des Wirklichkeit-Denkens als *naisinnliche* und als *abstrakt-mathematische* sich gegenüberstellen. Der Vortragende betont die Berechtigung und Unentbehrlichkeit auch der letzteren Verfahrensweise. Sie ergibt sich am einfachsten und zwingendsten aus dem Studium der Sinneswerkzeuge selbst. Dies lehrt, daß unsere Sinne, wie hoch man auch ihre Vollkommenheit veranschlagen mag, doch dasjenige Maß von Zuverlässigkeit und Zulänglichkeit, daß Goethe ihnen zuzuschreiben geneigt war, nicht besitzen. Dahin gehört schon die Tatsache, daß es ganze Klassen von Naturerscheinungen gibt (z. B. die magnetischen und elektrischen), für deren Erkennung keines unserer Sinnesorgane geeignet ist, da sie auf keines derselben in geordneter Weise einwirken. Ferner ist es z. B. eine grundlegende, von jeder Lichttheorie ganz unabhängige Tatsache der physiologischen Optik, daß Lichter oder Lichtgemische, die physikalisch verschieden sind, genau die gleiche Empfindung erzeugen, also für unseren Gesichtssinn ununterscheidbar sind. Eine Optik, die die Lichtvorgänge nach ihren sinnlichen Eindrücken bezeichnen wollte, ist daher in ähnlichem Sinne unmöglich, wie etwa eine Chemie, die die Körper nur nach ihren Geschmacksqualitäten definierte. Und wir sind gezwungen, jene in ganz anderen, eben den abstrakt-mathematischen Begriffen zu bezeichnen.

Für weite Gebiete der Naturforschung ist also das von Goethe abgelehnte Verfahren berechtigt und unentbehrlich. Dies schließt nun keineswegs aus, daß wir sowohl Goethes naturforscherische Befähigungen wie auch das, was die Naturwissenschaft seinen Be-

obachtungen und Gedanken verdankt, sehr hoch bewerten. Denn es gibt auch Gebiete, die der mathematischen Methode wenigstens vorderhand (es bleibt dahingestellt, ob für die Dauer) nicht zugänglich sind, wie namentlich der größte Teil der biologischen Wissenschaften. Über die hohe Schätzung von Goethes Beobachtungen und Gedanken in bezug auf den Zusammenhang der Organismen, ferner gewisse Erscheinungsgruppen im Verhalten des Sehorgans besteht seit lange kein Zweifel. — Um Goethes Anschauungen vom Naturerkennen richtig zu würdigen, muß man zunächst berücksichtigen, wie sie mit seiner eigenen Veranlagung zusammenhängen. Er war in hervorragendem Maße *optisch* veranlagt und erfreute sich namentlich eines ausgezeichneten optischen Gedächtnisses. Auch hatte er diese Anlage durch unablässige Schulung zu größter Vollkommenheit ausgebildet, so daß man ihn einen Virtuosen des Sehens nennen kann. Auf der anderen Seite fehlte ihm die *mathematische* Veranlagung. Dieser Umstand ist von großer Bedeutung, nicht sowohl deshalb, weil Goethe dadurch gelegentlich positiven Täuschungen ausgesetzt war, sondern vor allem, weil gerade die Beschäftigung mit der Mathematik der Boden ist, auf dem das Interesse für die Erfassung strenger Gesetzmäßigkeiten sich ausbildet. Es hängt also jedenfalls mit dem Mangel mathematischer Anlage zusammen, daß Goethes Naturforschung mehr auf die Auffindung ästhetisch befriedigender Einblicke als auf die Gewinnung präziser Gesetzmäßigkeiten gerichtet war. Goethe fehlte ebenso der Sinn für die *philosophisch-kritische* Betrachtung. Die erkenntnis-kritischen Untersuchungen Kants waren ihm zwar bekannt, blieben ihm aber doch innerlich fremd. Noch wichtiger ist der enge Zusammenhang, in dem Goethes Erkenntnislehre mit seiner ganzen *Weltanschauung* steht, insbesondere mit seinen Ansichten über die Stellung des Menschen in der in ihn umgebenden Welt. Aus diesen ergab sich ihm die Überzeugung, daß dem Menschen von Haus aus diejenigen Hilfsmittel gegeben sind, deren er zur Erkennung der Welt bedarf, d. h. zu einer ganz bestimmten Form des Wirklichkeits-Erkennens, die eben die ihm gemäße ist und die zu überschreiten oder durch eine andere zu ersetzen, ein ebenso törichtes wie fruchtloses Bemühen ist. Diese Hilfsmittel erblickte er in den Sinneswerkzeugen und in der naturgemäßen Verarbeitung der sinnlichen Eindrücke, einer Verarbeitung, die im wesentlichen auf die Erfassung des *Gleichartigen* oder Ähnlichen, auf die Bildung von Begriffen unmittelbar anschaulicher Bedeutung hinausläuft. Im Gegensatz zu einem derart stetigen Fortschreiten hat das Verfahren der mathematischen Theorie etwas Springendes: die mathematische Hypothese eilt der Erfahrung weit voraus, so daß ihre Konsequenzen erst deduktiv entwickelt und wiederum an der Erfahrung geprüft werden müssen. Erst diese Umstände machen Goethes Abneigung gegen das Verfahren der Mathematiker vollkommen verständlich. Gibt man zu, daß er hier einer Täuschung unterlag, daß dieses Verfahren in der Tat unerläßlich ist und für die hohe Entwicklung großer Teile der Naturforschung geradezu das Rückgrat gebildet hat, so muß man auf der anderen Seite anerkennen, daß Goethes Anschauungen vom Naturerkennen in einer ebenso anziehenden wie bewunderungswürdigen Harmonie seiner ganzen Weltanschauung sich einordnen. Wegen dieses Zusammenhanges ist von allen Anschauungen Goethes, die sich auf menschliches Seelenleben

und unsere seelischen Vermögen beziehen, gerade seine Lehre vom Naturerkennen vielleicht die interessanteste.

Von ähnlich tiefgreifender Bedeutung ist wohl nur noch seine überall erkennbare Ansicht von dem Verhältnis des *Intellektuellen* und des *Praktischen* in der menschlichen Natur. Durchweg ist *Goethes* Auffassung dahin gerichtet, im Wollen und Handeln den bedeutungsvolleren Teil, den eigentlichen Kern und das Wesen menschlicher Natur zu erblicken. So muß namentlich auch jede Ausbildung nicht bloß rezeptiv und intellektuell, sondern auf praktisches Können gestützt und auf solches gerichtet sein. Die dominierende Bedeutung des Praktischen stellt nun aber nicht sowohl eine metaphysische oder naturwissenschaftliche Überzeugung dar, sondern vor allem auch eine *sittliche Forderung*. Gerade hier tritt daher auch vorzugsweise deutlich zutage, was für *Goethes* Naturforschung überhaupt charakteristisch ist, die enge Verbindung mit Überzeugungen höherer religiöser Art. Denkt man hieran, so leuchtet ein, daß überhaupt die moderne Anschauung von der Aufgabe der Naturforschung, nach der sie unter Ausschaltung aller Wertgesichtspunkte auf die Erforschung und strengste Darlegung von Gesetzmäßigkeiten gerichtet sein soll, mit den Grundsätzen *Goethes* in einem gewissen Widerspruch steht. Doch darf auch die Bedeutung dieses Gegensatzes nicht überschätzt werden. Bei der Beobachtung der Naturerscheinungen ist *Goethe* mit der vollkommenen Vorurteilslosigkeit zu Werke gegangen, die auch dem nüchternsten Naturforscher zum Vorbilde dienen kann. Andererseits wird auch der zünftige Naturforscher doch immer bestrebt sein, sein Naturerkennen zu einer Weltanschauung zu erweitern, wenn er sich auch bewußt ist, damit über die Grenzen seiner berufsmäßigen Aufgaben hinauszugehen. Vorbildlich kann uns die Naturforschung und Naturbetrachtung *Goethes* vor allem durch die Vereinigung zweier Merkmale sein: der *Freude* an der Natur, an der Fülle und dem Reichtum ihrer Erscheinungen und Gebilde, und der *Ehrfurcht* vor ihren unverbrüchlichen Ordnungen und Gesetzen. In diesem doppelten Zeichen sollte jede wissenschaftliche Beschäftigung mit der Natur stehen, ganz besonders aber auch unsere Beschäftigung mit der höchsten Hervorbringung der Natur, der genialen Persönlichkeit selbst.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Vereisung des Südpolargebietes. Zwei hervorragende Südpolarforscher haben neuerdings dieses Thema behandelt, *Douglas Mawson* in einer Sitzung der Geological Society am 6. November 1918¹⁾ und *Erich von Drygalski* in einer Sitzung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften am 11. Januar 1919²⁾. Ersterer betont, daß bei der, im Maximum mehrere tausend Fuß mächtigen Schicht des antarktischen In-

landeises der statische Druck, den dasselbe auf den Untergrund ausübt, bis zu einer Tonne pro Quadrat-zoll steigen und im Verein mit der dort vorhandenen Bodenwärme einen hohen Grad von Plastizität erzeugen müsse. Der Abfluß des Eises wird daher nach tief gelegenen Teilen des Küstenrandes hingeleitet, wo die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung stellenweise so groß ist, daß schwimmende Gletscherzungen häufig bis 80 km weit in das Meer hinausreichen. An zwei Stellen erreicht das schwimmende Gletschereis eine flächenhafte Ausdehnung von beträchtlicher Größe, nämlich in der innersten Bucht des Roß-Meeress das Große Roß-Barriere-Eis und vor der Küste von Queen Mary Land der Shackleton-Schelf. Man bezeichnet diesen Typus nach dem Vorschlage von *Otto Nordenskjöld* als Schelfeis.

Das Roß-Barriere-Eis schiebt sich mit einer Geschwindigkeit von wenigen hundert Metern pro Jahr gegen das offene Meer vor, wo dann große Eistafeln abbrechen und als Eisberge nordwärts schwimmen. Der gegenwärtige Rand dieses Schelfes muß also im 17. Jahrhundert seinen innersten Teil gebildet haben. Auf der festen Eisunterlage des Schelfeises lagert sich der Schnee in horizontalen Schichten ab, deren jede dem Zuwachs eines Jahres entspricht.

Die Höhe des schwimmenden Schelfeises über dem Meeresspiegel schwankt zwischen 6 und mehr als 60 m, beträgt jedoch meist etwa 27 bis 37 m, was einer Gesamtdicke von ungefähr 180 bis 300 m entspricht. Da das mittlere spezifische Gewicht der aus Gletschereis, Schnee und gefrorenem Meerwasser zusammengesetzten Masse nicht feststellbar ist, so läßt sich auch die Gesamtdicke aus der Höhe über dem Meeresspiegel nicht ableiten. Der australischen Südpolarexpedition, die *Mawson* in den Jahren 1911 bis 1914 führte, ist es jedoch gelungen, die untere Grenze durch Temperaturmessungen in verschiedenen Tiefen am Rande des Shackleton-Schelfes zu ermitteln, weil sie sich durch eine plötzliche Änderung der Wassertemperatur bemerkbar macht.

E. v. Drygalski gibt in seiner Abhandlung ein geschlossenes und anschauliches Bild von den Eisformen der Antarktis, mit welchem Namen er allein den südpolaren Kontinent bezeichnet wissen will, weil der neuerdings vielfach übliche Name Antarktika schon als Adjektiv gebräuchlich und daher zur Bildung weiterer Ableitungen ungeeignet ist. Auch er trennt scharf die beiden Formen des Inlandeises und des Schelfeises, zu denen das Treibeis der Subantarktis als dritte Form hinzutritt. Die Ernährung des Inlandeises durch Schnee erfolgt überall bis zum Meeresspiegel hinab, doch ist sie keine gleichmäßige. Es gibt sogar Felsflächen, die sicher über der Schneegrenze liegen, viele Niederschläge in Form von Schnee erhalten, die aber doch nicht vereisen, sondern nur vom Eise umflossen werden. In den glazialen Erscheinungen der Antarktis darf man das Bild einer Eiszeit erblicken, in der sich zwei Arten von Schwankungen unterscheiden lassen, ein großer allgemeiner Rückgang und kleinere junge Oszillationen. Eine Folge des ersteren sind die Schelfeismassen, die somit als Relikte gedeutet werden müssen. Die Eiszeit hat gleichzeitig die ganze Erde betroffen, wenn auch die frühere Ausbreitung des Eises in den einzelnen Landgebieten verschieden gewesen ist und regional auch gefehlt hat. Sie muß deshalb allgemeine Ursachen gehabt haben, von denen eine Vermehrung der Niederschläge die primäre gewesen sein dürfte, mit der dann eine Abnahme der Temperatur

¹⁾ The Antarctic Ice-cap and its Borders. Nature, London, 1918, Vol. 102, Nr. 2564, S. 315—316.

²⁾ Die Antarktis und ihre Vereisung. Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Mathematisch-physikalische Klasse. Sonderabdruck, 42 Seiten. München 1919.

verbunden war. Zum Schluß gibt *v. Drygalski* eine Gliederung der Gletscherformen⁴⁾ in vier Typen sowie eine Übersicht über die Eismassen des Südens nach ihren verschiedenen Eigenschaften.

1. Eisbildungen mit aufgelöstem Nähr- und aufgelöstem Abflußgebiet, *A. Heims* alpiner Typus, Firnmulden und Gletscherzungen;

2. Eisbildungen mit gemeinsamem Nähr- und aufgelöstem Abflußgebiet, *A. Heims* norwegischer Typus, Hochlande und Gletscherzungen;

3. Eisbildungen mit aufgelöstem Nähr- und gemeinsamem Abflußgebiet, Firnmulden und Vorlande;

4. Eisbildungen mit gemeinsamem Nähr- und Abflußgebiet, *A. Heims* grönländischer Typus, Inlande.

Antarktisches Inlands.	Antarktisches Schelfeis.	Subantarktisches Treibeis.
auflegend	gestützt	schwimmend
strömend	geschoben	getragen
Innenschwund	Außenschwund	Außenschwund
geschichtet	geschichtet	geschichtet
Ernährung	Stillstand	Abnahme
Spaltbildung	Zerfall	Zerfall
Schnee-Eis	Schnee-Eis	Schnee-Eis
salzfrei	salzfrei	salzarm
geschlossen	gesammelt	aufgelöst
Vereisung	Verkittung	Verfließung
Brucheis	Brucheis	Breieis
Gletscher	Blaueis	Stückeis

O. B.

Rußlands Pflanzenölerzeugung (Prof. Dr. Rud. Fitzner, Leiter d. Abt. Weltwirtschaft im Reichsausschuß für pflanzliche u. tierische Fette und Öle. Berlin 1919). Mit Rücksicht auf die in Zukunft zu erwartende Steigerung des deutschen Bedarfes an russischen Pflanzenölen wird auf Grund der umfangreichen amtlichen Statistik ein Bild des in dieser Hinsicht in Europa an erster Stelle stehenden russischen Erzeugungsbereiches gegeben. Da bei der großen Ausdehnung und der im Punkte der Bodenbeschaffenheit und des Klimas sehr verschiedenartigen Ausstattung des Landes die Verbreitungs- und Anbaubedingungen wechselnde sind, haben die auch in Karten niedergelegten Ergebnisse der Arbeit neben ihrem Werte für die Volkswirtschaft auch ein hohes allgemein naturwissenschaftliches Interesse. — Der *Lein*, der beinahe im ganzen europäischen Rußland angebaut wird und dessen Zone höchsten Ertrages von den Ostseeprovinzen bis in die Gegend von Moskau zieht, zeigt kaum eine Abhängigkeit von Boden und Klima, eher eine solche von der Bevölkerungsdichte, denn der mindestbevölkerte Norden und Südosten weisen nur $\frac{1}{40}$ und weniger vom Ertrage des Hauptanbaugebietes auf. Im ganzen steht Rußland hinsichtlich der Leinsaat hinter Argentinien und Britisch-Indien an dritter Stelle. Anders beim *Hanf*, für den Rußland gegenwärtig das erste Erzeugungsland der Erde darstellt. Die Hauptverbreitung in dem vom pontischen Kontinentalklima beherrschten südrussischen Vorsteppengelande und die rasche Abnahme gegen das Gebiet des osteuropäischen Kontinentalklimas zeigen, daß der Hanf hier einen Boden gefunden hat, der dem seiner Heimat am Schwarzen Meere und seiner wichtigsten Anbauländer Persien und Ägypten nahekommt. Die in Peru und Mexiko heimische *Sonnenblume* fand am Nordfuß des Kaukasus und weiter im Schwarz-erdegebiet zwischen dem südlichen Ural und Südwol-

hynien so gute Lebensbedingungen, daß Rußland in der Erzeugung von Sonnenblumensaat eine führende Stellung erlangen konnte. Eine ganz ähnliche Verbreitung, jedoch mit einem Zentrum hoher Erträge in Podolien und Wolhynien, zeigen *Raps* und *Rüben*, für deren ersten Rußland hinter Britisch-Indien an zweiter Stelle steht. Die *Baumwolle*, deren aufblühende Kultur durch den Krieg einen schweren Rückschlag erlitten hat, ist auf das tropische Turkestan und Transkaspien und das gegen das Abfließen nördlicher Winde durch den Kaukasus geschützte Transkaspien beschränkt. In diesem Gebiete gedeiht auch der tropische *Rizinus*, jedoch nur mit kleinen, unansehnlichen, allein zur Gewinnung des sog. technischen Rizinusöles brauchbaren Samen. *Mohn* wird im Anschluß an das persische Kulturzentrum vornehmlich an der unteren Wolga und am Don angebaut. Das Wolgaland ist auch das Haupterzeugungsgebiet des *Senfes*. Der ägyptische *Anis* wird in der Kirgisensteppe erzeugt. Trotz seiner bedeutenden Produktion ergänzt Rußland seine Pflanzenölvorräte durch die Einfuhr fremder Ölfrüchte und Saaten. Von ihnen interessieren besonders die *Sesamsaat* aus dem benachbarten Kleinasien und die allerdings in geringer Menge eingeführte mandschurische *Sojabohne*.

Die letzten deutschen geographischen Forschungen über Neu-Guinea. Die vorliegenden Arbeiten betreffen die vom Sepik oder Kaiserin-Augusta-Flüsse erschlossene Westhälfte Deutsch-Neu-Guineas. — In die Entdeckungszeit führen zwei Untersuchungen O. Reches, die die Reisen *Dampiers* und *Tasmans* längs der Küste Neu-Guineas verfolgen und ihre Routen mit möglicher Genauigkeit festzulegen versuchen (*Dampiers Route längs der Nordküste von Kaiser-Wilhelms-Land*, *Petermanns Mitt.* 1914, S. 233 ff.; *Abel Janszoon, Tasmans Reise längs der Küste von Kaiser-Wilhelms-Land im Jahre 1643*, *Mitt. d. Geogr. Ges. zu Hamburg XXXI*). Wie schon ein Vierteljahrhundert vorher *Schouten* und *Lemaire*, berührte *Tasman* das schon von Anbeginn an erkannte wichtige Einfallstor, die Mündung des Sepikflusses. Die Befahrung des Unterlaufes ließ freilich bis 1887 auf sich warten, und erst 1910 wurde der Fluß in ganzer Länge von *Leonhard Schulze* gelegentlich der Grenzregulierung gegen Holländisch-Neu-Guinea befahren (*Forschungen im Innern der Insel Neu-Guinea*, *Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten*, Erg.-H. 11, 1914). Weiter ausgewertet wurde der neuerschlossene Weg durch die Kaiserin-Augusta-Fluß-Expedition 1912/13, deren geographische Ergebnisse W. Behrmann in mehreren Veröffentlichungen vorlegt (*Geographische Ergebnisse der Kaiserin-Augusta-Fluß-Expedition*, *Zeitschr. d. Ges. f. Erdk.*, Berlin 1914, Heft 4; *der Sepik [Kaiserin-Augusta-Fluß] und sein Stromgebiet*, *Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten*, Erg.-H. 12, 1917). — Der wie ein Rückgrat die Insel durchziehende, aus alten Gesteinen und vulkanischen Durchbrüchen bestehende, nur gelegentlich von ungefalteten Sedimenten bedeckte Gebirgszug ist ein in Bewegung befindliches Bruchschollengebirge. Die ihm parallel streichende Sepikniederung stellt eine tektonische Hauptlinie vor, nördlich deren Korallenkalke ein jung gehobenes Küstengebirge aufbauen, während südlich eine westliche Scholle unter Erdbewegung unter die Aufschüttungen des Sepik sinkt, eine östliche aber, wie verkarstete Korallenkalke der alten Küstenlinie und Flußterrassen beweisen, sich aufwärts bewegt hat. Im östlichen Teile der Niederung steht der Sepik mit dem ihm nahe mündenden Ramu in eigenartiger bifur-

⁴⁾ Vergleiche dazu *Otto Nordenskjölds* neue Systematik von Gletschertypen. *Die Naturwissenschaften* 1919, Jahrg. 7, Nr. 11, S. 179.

kationsähnlicher Verbindung. Der dem Rhein an Ausdehnung vergleichbare Tieflandfluß, dessen Aufschüttung der Senkung nicht zu folgen vermag und der daher in stark gewundenem Bette zwischen den Kuppen des sinkenden Berglandes, Durchbrüche vorfälschend, hindurchirrt, wird während des größten Teils seines Laufes von Waldsumpf und — weiter unten — von schwer passierbarem, kanaldurchschnittenem Grassumpf mit schwimmender Decke gesäumt. Rasch veränderliche Mäander und Altwässer bildend, einem jeden Platzregen des großen Einzugsgebietes widerspiegelnd, stark und unregelmäßig schwankenden Wasserstände unterworfen, wechselt der Fluß sein Aussehen rasch und zeigt bald veränderliche Sandinseln und hinfallige, infolge der Ausquellung oft in katastrophalem Umfange abrutschende Steilufer, bald weite, durch Durchbruchsporten des Flußdammes zugängliche Überschwemmungslagunen. Die mit dem Hochwasser abwärts treibenden Stämme und Krautinseln schieben mit den Schlammassen die Küste hinaus und werden nur durch die Westströmung am Aufbau eines regelrechten Deltas verhindert. An der Mündung schneidet der Fluß den kokostragenden Strandwall, hinter dem der Mangrowegürtel sich ausdehnt, dann folgen Sago- stümpfe, aus deren stinkendem, Gerberlohe ähnelndem Moraste die stachligen Palmen emporwachsen, hierauf moskitenwimmelnde Grassumpfflächen. Am Oberlaufe stellt sich Waldsumpf mit einem Saume von Brotfruchtbäumen, Schilf und wildem Zuckerrohr ein. Die allein von Süden zuströmenden, im Oberlaufe engen und an Steinbänken reichen Nebenflüsse führen, von Galeriewald begleitet, zum urwaldbedeckten Gebirge hinauf. Der üppige, artenreiche, doch farblose, blütenarme und eintönige Wald birgt Kakadus, Nashorn- und Paradiesvögel, Edeldreier, in der Niederung Kron- tauben und Kasuare und fliegende Hunde. Infolge starker Abspülung ragen die Bäume im „Mooswalde“ auf freien, von triefendem Moose gepolsterten Wurzel- werke empor. Die Gewalt der tropischen Regen und zahlreiche Bergstürze modellieren aus dem tiefgründig verwitterten Gestein scharfgratige Formen. Der mit Mühe und Zeitaufwand mit dem Buschmesser erkämpfte Weg folgt den Grat, in den Tälern verhindern rauschende Bäche, in den Niederungen Sumpf und Bam- busdickicht das Eindringen. In der auf Vorstößen bis zur Wasserscheide erreichten Gipfelregion wurden, abgesehen von der topographischen Arbeit, Studien über die tropische Witterung, Gewitterbildung und Bewöl- kung angestellt. Außer den Ergebnissen der landes- kundlichen Forschung, die sich auch auf die eingeborene teils papuanische, teils melanesische Bevölkerung erstreckt und uns in Steinzeitkultur lebende Stämme zeigt, gibt uns die Expedition ein schönes Gesamtbild eines regenfeuchten Tropengebirges und eines großen tropischen Niederungsstromes.

Neue Karten aus den Anden (W. Sievers, Reise- wege in Peru und Ekuador, 1 : 500 000, 4 Blätter, Petermanns Mitt. 1915, Taf. 20, 24, 25, 26). Das einzige große Kartenwerk von Peru, *Raimondis* „Mapa del Peru“, ein in Maßstab und Blattzahl der Vogelschen Reichskarte vergleichbarer Atlas, beruht auf der Aufnahme eines einzigen Forschers. Infolge- dessen stellt es bei aller Anerkennung der staunens- werten Leistung keinen Abschluß vor in dem Sinne, daß die Geländedarstellung die dem Maßstab ent- sprechende Genauigkeit aufwiese. Deshalb sind noch für längere Zeit Routenaufnahmen in Peru eine loh- nende Aufgabe. Eine solche liegt in den angeführten Karten vor. Routenaufnahmen haben, abgesehen von

der genauen Darstellung der durchwanderten Strecken, infolge der vielen Eintragungen von Einzelheiten über den Boden, die Formen, die Pflanzenwelt und Boden- kultur usw., Dinge, die in der abgeschlossenen topo- graphischen Karte meist nur generalisiert zum Aus- druck kommen können, den Vorzug unmittelbarer An- schaulichkeit. Das trifft auch für diese Karten zu, die übrigens zu einem Teile eine vorzügliche Ergänzung zu *Middendorfs* klassischen Reisebildern bieten, ganz besonders für das Blatt I, das die ausgedehntesten Reisewege enthält und sich von Cerro de Pasco bis zur Kordillere von Conchucos und vom Meere bis an den oberen Marañon erstreckt. Beim Anstieg zum Gebirge folgt der öden Küste dünenbedecktes Wüsten- land, in dem die oasenartigen Küstentäler von jeher die einzigen Siedlungsstätten waren. Hier mengen sich tropische und subtropische Vegetations- und Kul- turbilder: neben Palmen, Zuckerrohr, Reis, Kaffee ge- deihen Reben, Mandeln und Agrumen. Die Land- güter (Haciendas), die sich diesen Kulturen widmen, wechseln mit den verödeten Kulturstätten (Huacas) der Urbewölkerung. Talaufwärts verschwindet die tro- pische Pflanzenwelt allmählich, das Land ist bebuscht, mit Hartlaubgehölz und unter der niederschlagsför- dernden wachsenden Höhe sogar mit „Montaña“, feuch- tem Bergwald bedeckt, bis es endlich im Hochgebirge wieder öden Charakter annimmt. — Von den vier Hauptketten, die von der Hochebene von Cerro de Pasco aus nach Norden strahlen, fallen zwei in das Routennetz, die schwarze und die östlichere weiße Kordillere. Die höchsten Gipfel der weißen sind über 6000 m hoch und überragen die der schwarzen um mehr als 1000 m, ein für Landschaft und Namengebung wichtiger Höhenunterschied, denn die Grenze dauernder Schneebedeckung liegt in diesen Breiten in rund 5000 Meter Höhe. Das reizlose westliche Bergland ist daher im Osten (ganz ähnlich wie am Titicacasee) von eis- gepanzerten Hochgebirgsriesen überragt. Zahlreiche Moränen und Schotterterrassen weisen auf den ein- stigen Gletscherreichtum dieser alpinen Landschaft hin. Zwischen den beiden Zügen zieht sich das Längs- tal der Santa dahin, dessen unterer, aus den Gerinnen der weißen Kordillere künstlich bewässerter Abschnitt fruchtbar und baumreich ist, während der höhere (jen- seits 3000 m) weniger anmutig und dünner besiedelt ist und schließlich in einem öden Geröllfelde endigt. Noch bei 1550 m verzeichnet *Sievers* Zuckerpflanzun- gen, bis 2700 m Bananen, bis 3730 m Alfalfa und Bäume. Auch Weizen, Kartoffeln, Bohnen und Quinoa kommen in dieser Höhe vor. Auch gedeihen hier noch, wie *Middendorfs* Bilder zeigen, Agaven von prächtigem Wuchse. — Die übrigen Routen dieses Blattes fallen in das Stromgebiet des Marañon; sie berühren den berühmten Lauricochasee, der bis auf *Raimondi* für den Quellsee des Amazonas galt, und greifen auch in die „Ceja“ über, die „Braue“ der aus dem Amazonastieflande an den Kordilleren empor- steigenden tropischen Wälder.

B. Brandt.

Astronomische Mitteilungen.

Das Ergebnis einer lichtelektrischen Bestimmung der Helligkeit der Sonnenkorona während der totalen Sonnenfinsternis am 8. Juni 1918 in Rock Springs Wy., 6500 Fuß Seehöhe, veröffentlichen *Jakob Kuns* und *Joel Stebbins* im *Astrophys. Journ.* Bd. 49, Nr. 3. Die benutzte Kaliumzelle hat praktisch einen Emp- findlichkeitsbereich von etwa 0,4 μ bis 0,56 μ ;

das Maximum der Empfindlichkeit liegt bei 0,448 μ . Verglichen mit einer Hefnerlampe war die scheinbare Gesamthelligkeit der Korona 0,60 Meterkerzen, nach Berücksichtigung der Absorption durch die Erdatmosphäre 1,07 MK. Sie betrug 0,105 der Helligkeit eines kreisförmigen Stückes des klaren blauen Himmels von $\frac{1}{2}^\circ$ Durchmesser, 8° nördlich von der Sonne, bei vollem Tageslicht um 10^4 16^m mittlerer Zeit Greenwich. Während der Totalität war die Helligkeit des Himmelsgrundes $\frac{1}{6100}$ derjenigen bei vollem Tageslicht. Für das Verhältnis $\frac{\text{Korona}}{\text{Vollmond}}$ wurde 0,5 gefunden, wobei der Einfluß der Erdatmosphäre schon berücksichtigt ist. Die älteren Bestimmungen der Helligkeit der Korona weichen untereinander außerordentlich stark ab, was teils an den Beobachtungsmethoden, teils an wirklichen Helligkeitsänderungen der Korona liegen mag. Zu erwähnen ist noch, daß die Prüfung der Kaliumzelle strenge Proportionalität zwischen erregendem Licht und Photoeffekt ergab.

Aus der Zusammenstellung der Planetenentdeckungen in dem Zeitraum vom 1. Juli 1917 bis 30. Juni 1918 von G. Stracke in der Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft, 54. Jahrgang, 1. und 2. Heft, sei folgendes mitgeteilt. Die Zahl der Neuentdeckungen beträgt 48; davon entfallen 27 auf M. Wolf in Heidelberg, 11 auf Neujmin in Simeis (Krim), 4 auf Worsell in Johannesburg, 3 auf Nicholson und Shapley, Mount Wilson, 2 auf Peters in Washington, 1 auf Sy in Algier. Die Zahl der Planeten mit gesicherten Bahnelementen beträgt jetzt 894. An der Berechnung haben wieder die Mitglieder des Astronomischen Recheninstituts in Berlin-Dahlem, Berberich und Stracke, mit bzw. 11 und 5 elliptischen Bahnen von im ganzen 18 den Hauptanteil. Zwei der neuen Planeten beanspruchen besonderes Interesse: 884 Priamus, der der jetzt 6 Glieder umfassenden Jupitergruppe (vgl. Naturwissenschaften Heft 30) angehört, und 887 Alinda mit der sehr großen Bahnexzentrizität 0,53, die nur noch von 719 Albert mit 0,54 übertroffen wird. Alinda und Albert können infolge ihrer starken Exzentrizität der Erde sehr nahe kommen, nämlich beide bis auf 0,20 astronomische Einheiten (30 Millionen Kilometer); sie werden darin nur noch von Eros mit 0,15 astronomischen Einheiten (22 Millionen Kilometer) unterboten. Alinda, von Wolf am 3. Januar 1918 fast genau im Perihel entdeckt, dann verloren und erst am 3. Februar von ihm zufällig wieder aufgefunden, wurde nach Ausweis mehrerer Platten anfangs von einem zweiten sehr schwachen Planeten begleitet, der eine deutliche Bahnbewegung um den ersteren, gleich einem Satelliten zu zeigen schien. Leider gelangen weitere Beobachtungen des rätselhaften Objektes anscheinend nicht mehr, obwohl Alinda selbst bis Mitte Mai verfolgt werden konnte. Die Natur des Objektes bleibt daher bis auf weiteres ungewiß.

Der vorhin erwähnte Planet der Jupitergruppe hat gegenwärtig die mittlere Entfernung 5,26 astr. Einh. von der Sonne, gegen 5,20 des Jupiter. Die Neigung seiner Bahn gegen die Jupiterbahn beträgt etwa 10° .

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1918 stellt H. Kobold im 1. und 2. Heft des 54. Jahrganges der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft zusammen.

Komet 1916 b (Wolf), von Wolf 1916 in der großen Entfernung 4,9 astr. Einh. von der Sonne, also fast in Jupitersentfernung, entdeckt, konnte noch einmal Ende Januar 1918, 666 Tage nach der Entdeckung, von Wolf aufgenommen werden. Seine Helligkeit war 15^m, seine Entfernung von Sonne und Erde bzw. 3,25 und 3,55. Der Periheldurchgang war 1917 Juni 16, die größte Erdnähe Mitte August 1917. Die Helligkeit schloß sich um diese Zeit herum dem $\frac{1}{r^2 \Delta^3}$ -Gesetz (r = Entfernung von der Sonne, Δ = Entfernung von der Erde) nach Holetscheks Beobachtungen befriedigend an. Der Komet scheint demnach kein eigenes Licht in merklichem Maße besessen zu haben. Sein Aussehen war anfangs sternartig, später hatte er eine kleine Nebelhülle. Das Spektrum enthielt nach Slipher gegen Ende August 1917 außer dem kontinuierlichen Grunde nur Spuren des Cyanbandes $\lambda 3883$ und des Kohlenwasserstoffbandes $\lambda 4737$.

Der Enckesche Komet wurde in seiner diesmaligen Erscheinung am 30. Dezember 1917 mit dem Bergedorfer Reflektor (Öffnung 1 m, Brennweite 3 m) von Schorr in der Helligkeit 15^m zuerst wieder aufgefunden. Seine Entfernung von Sonne und Erde betrug 1,5 und 1,7. Die Helligkeit war Mitte März 1918 auf 7,5^m angewachsen, dann verschwand der Komet in den Sonnenstrahlen und war nach dem Wiederauftauchen aus denselben nur auf der Südhalkugel zu beobachten. Am 14. Januar erschien die zentrale Verdichtung des Kometen auf einer Aufnahme von Schorr in zwei ungleich helle Massen geteilt. Die Berechnung des Periheldurchganges von Viljev, 1918 März 24,313 mittl. Zeit Greenwich, war bis auf eine Viertelstunde richtig.

Von Reid in Rondebosch bei Kapstadt wurde am 12. Juni 1918 ein schwacher Komet entdeckt, der nach den spärlichen bisher vorliegenden Nachrichten nur auf der Südhalkugel sichtbar gewesen ist.

Wolfs periodischer Komet (Umlaufzeit 6,8 Jahre), dessen Wiederkehr erwartet wurde, ist am 9. Juli am 28-zölligen Refraktor in Greenwich von Jonckheere, am 12. Juli am 40-zölligen Refraktor der Yerkes-Sternwarte von Barnard aufgefunden worden. Seine Helligkeit war 15,5^m, seine Entfernung von Sonne und Erde 2,2 und 1,4. Er befand sich noch 157 Tage vor dem Perihel. Nach Reflektoraufnahmen von Schorr und Wolf scheint die Helligkeit immer gering geblieben zu sein und 11,5^m nicht überschritten zu haben. Kamenskys Vorausberechnung des Perihels war nur um 0,005 Tag zu früh.

Borellys periodischer Komet (Umlaufzeit 6,9 Jahre) wurde auf Grund der Vorausberechnung am 7. August 1918, 101 Tage vor dem Perihel, von Fayet in Nizza wiedergefunden. Van Biesbroeck schätzte am 40-Zöller der Yerkes-Sternwarte seine Helligkeit Anfang September zu 13^m; Anfang November war er nach Waterfield heller als 9^m. Viel heller scheint er aber nicht geworden zu sein. Die Vorausberechnung des Perihels durch v. Tolnay war nur um 0,08 Tag fehlerhaft.

Einen neuen kurzperiodischen Kometen von 6,73 Jahren Umlaufzeit entdeckte Schorr mit dem Bergedorfer Reflektor am 23. November 1918. Die Helligkeit war zur Zeit der Entdeckung 14^m. Da das Perihel bereits 57 Tage vor der Entdeckung durchschritten war, so nahm die Helligkeit schnell ab. Die Exzentrizität der Bahn ist 0,47. Guthnick.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 46. (Seite 841—882)

14. November 1919.

Siebenter Jahrgang.

DEM ANDENKEN

AN

EMIL FISCHER

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	18	28	52 maliger Wiederholung
	10	90	90	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Emil Fischer †

In diesen Tagen erscheint:

Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe (1908—1919)

Von **Emil Fischer**

Preis M. 36.—

Näheres über den Inhalt siehe III. Umschlagseite

Früher sind erschienen:

Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine (1899—1906)

Von **Emil Fischer**

1906. Preis M. 16.—; gebunden M. 17.50

Untersuchungen in der Puringruppe (1882—1906)

Von **Emil Fischer**

1907. Preis M. 15.—; gebunden M. 16.50

Untersuchungen über Kohlenhydrate und Fermente (1884—1908)

Von **Emil Fischer**

1909. Preis M. 22.—; gebunden M. 24.—

Organische Synthese und Biologie

Von **Emil Fischer**

Zweite, unveränderte Auflage. 1912. Preis M. 1.—

Neuere Erfolge und Probleme der Chemie

Experimentalvortrag, gehalten aus Anlaß der Konstituierung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften am 11. Januar 1911 im Kultusministerium zu Berlin

Von **Emil Fischer**

1911. Preis M. —.80

Hierzu Teuerungszuschläge

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9



Emil Fischer

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

14. November 1919.

Heft 46

DEM ANDENKEN

AN

EMIL FISCHER

INHALT:

	Seite
Emil Fischers wissenschaftliche Arbeiten. Von <i>Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. C. Harries, Berlin-Grunewald</i>	843
Die Bedeutung von Emil Fischers Lebenswerk für die Physiologie und darüber hinaus für die gesamte Medizin. Von <i>Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Emil Abderhalden, Halle</i>	860
Emil Fischers Tätigkeit während des Krieges. Von <i>Geheimrat Dr. A. von Weinberg, Frankfurt a. M.</i>	868
Emil Fischer in seiner Betätigung für die deutsche Wissenschaftspflege. Von <i>Geh. Reg.-Rat Dr. Ernst Trendelenburg, Berlin</i>	873
Eine toxikologische Erinnerung an Emil Fischer. Von <i>Prof. Dr. Louis Lewin, Berlin</i>	878

Emil Fischers wissenschaftliche Arbeiten.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. C. Harries, Berlin-Grünwald.

Das wissenschaftliche Leben *Emil Fischers* läuft parallel mit der Gründung, dem Aufblühen und dem Untergang des Deutschen Reiches. In dem durch den Frankfurter Frieden wiedererrungenen Straßburg beginnt er 1874, kaum 22 Jahre alt, seine glanzvolle Tätigkeit und beendet sie im Juli 1919, kurz nach der Unterzeichnung des schmachvollen Friedens von Versailles, der das alte schöne Deutschland zerschmettert.

Emil Fischer bedeutet ein Symbol für Deutschlands Größe.

Überblickt man seine Arbeitsleistung, so muß man sich staunend fragen, wie es möglich ist, daß er in einem kurzen Menschenalter eine solche gewaltige Tätigkeit entfalten konnte. Sind doch seine Veröffentlichungen nur dem Raume nach mehr als doppelt so umfangreich wie die seines Lehrers *Adolf von Baeyer*, der ein viel höheres Alter erreichte und allgemein als einer der fruchtbarsten Meister anerkannt wird.

Bei *Emil Fischer* wirken eine Reihe von glücklichen Umständen zusammen, die diese Tätigkeit ermöglicht haben. Seine große Arbeitskraft war gepaart mit einem phänomenalen Talent und einzigartigen Scharfsinn. Aber auch die Ruhe und Ordnung im alten Obrigkeitsstaat und die gänzliche Einflußlosigkeit des Gelehrten auf die politischen Geschäfte begünstigten es, daß er sich mit ungeteilten Kräften seinen großen Zielen widmen konnte. Dazu kam, daß weise Unterrichtsverwaltungen in den verschiedenen Hochschulen, an denen er wirkte, große Laboratorien zu einer Zeit geschaffen hatten, als es in anderen Ländern damit noch kümmerlich bestellt war. Durch diese großen Laboratorien wurden strebsame junge Leute massenhaft in seinen Kreis gezogen, aus denen ihm gute Assistenten immer die besten als Mitarbeiter aussuchen konnten. Lesen wir die Namen derer, welche *Emil Fischer* am Schluß seiner Abhandlungen für ihre Unterstützung dankend erwähnt, so finden wir unter ihnen viele, deren Träger sich später, sei es als Forscher, sei es als Techniker, einen ausgezeichneten Namen gemacht haben. Ich führe hier nur einige der älteren an wie *Ludwig Knorr*, *Magnus Boesler*, *H. Reisenegger*, *E. Täuber*, *E. Ehrensberger*, *Julius Tafel* †, *Wilhelm Wislicenus*, *Rahnenführer*, *Fritz Ach* †, *J. Hirschberger*, *G. Heller*, *Carl Klotz*, *J. Langenwalter*, *O. Piloty* †, *Lorenz Ach*, *P. Rehländer*, *G. Pinkus*, *St. Minorici*, *L. Beensch*, *Jacobi*, *G. Giebe*, *P. Hunsalz* †, *F. Hübner*, *F. Lehmann* u. a. m. Die hingebende Arbeitsfreudigkeit dieser Männer hat einen bedeutsamen Teil dazu beigetragen, daß *Fischer* immer Gelegenheit fand, seine Ideen in die Tat umzusetzen. Werden sich noch in Zukunft junge

Leute finden, die sich gegen ein so geringfügiges Entgelt, wie es früher üblich war, der Wissenschaft widmen wollen?

Wenn man die wissenschaftliche Arbeitsleistung *Emil Fischers* in einem kurzen Abriß schildern will, muß man mit einer Schwierigkeit rechnen. Ein großer Teil seiner Untersuchungen ist bereits in die Lehrbücher übergegangen und wie in *Victor Meyer* und *Paul Jacobsons* Lehrbuch der organischen Chemie in mustergültiger Weise behandelt worden. Es wird vielen daher überflüssig erscheinen, alle diese Arbeiten in ausgedehntem Maße vorzuführen. Aus den Lehrbüchern kann man sich aber selbst bei genauerer Sachkenntnis kaum einen Gesamteindruck über das Arbeitsgebiet des Forschers verschaffen, weil die dort geübte systematische Einteilung und dadurch bedingte Zerstückelung des Stoffes einen solchen direkt verwischt. Da mir dies schon immer mißfallen hat, nahm ich die Gelegenheit gern wahr, die wissenschaftlichen Ergebnisse *Emil Fischers* zusammenfassend darzustellen.

Bei seinen Veröffentlichungen kann man vom experimentellen Standpunkt aus zwei große Abschnitte unterscheiden. Der erste etwa bis Ende der 90-er Jahre des vorigen Jahrhunderts, der zweite von dort bis zum Jahre 1919 gehend. Im ersten läßt sich *Fischer*, der Art seines Lehrers *Baeyer* folgend, in der Methodik, wie er die Aufgabe erfaßt, ganz von dem experimentellen Befunde leiten. Typische Beispiele sind dafür seine Untersuchungen über die Konstitution des Rosanilin und über Synthesen in der Zuckergruppe.

In der zweiten Periode folgt er häufig allein dem berechnenden Verstande, so besonders in der Eiweißchemie. Die Leistung in dieser Periode ist vielleicht noch mächtiger, aber nicht so glücklich im Erfolge. Für denjenigen, der *Emil Fischer* beinahe 30 Jahre beobachtet hat, ist die Erklärung hierfür nicht zweifelhaft. Die zweite Periode steht unter dem zunehmenden Einfluß der Anstrengungen der Großstadt Berlin. Mit 40 Jahren kam er nach Berlin und übernahm dort das verhältnismäßig kleine alte Hofmannsche Laboratorium in der Georgenstraße. Hier fand er noch ähnliche Bedingungen wie etwa in München, mit dem Ende des Jahrhunderts erbaute er das dreimal so große chemische Laboratorium in der Hessischen Straße, welches 1900 eingeweiht wurde. Jetzt hatte er keine Muße mehr. Für ihn bestand aber die kategorische Forderung zur Lösung der großen Probleme Kohlehydrate, Fermente, Eiweiß, Gerbstoffe. Daher mußten sie eigentlich ohne führende Beobachtungen nur nach einem wohlvorbedachten Plane, wenn auch unter Berücksichtigung aller seiner reichen experimentellen Erfahrungen angegriffen

werden. Aber selbst der Scharfsinn und die Experimentierkunst eines *Emil Fischer* reichten nicht hin, um diese Probleme erschöpfend zu lösen. Man ersieht aus meinem Urteil, daß ich die Art des Forschens in der organischen Chemie, welche sich hauptsächlich im Nachgehen der Beobachtungen gründet, für die erfolgversprechendere ansehe, während ich den Grund seines Mißlingens in der Eiweißchemie in dem allzu starken Hinneigen nach der berechnenden Seite halte. Aber vielleicht irre ich mich, und die Ursache hierfür liegt weniger in der Methode als darin, daß er die Grenze unseres chemischen Erkennens der hochmolekularen, kompliziert zusammengesetzten Naturstoffe überhaupt erreicht hat, verkörpert er doch den Höhepunkt der Entwicklung der organischen Chemie.

Im folgenden sind nur diejenigen Arbeiten *Fischers* aufgeführt worden, die mir von besonderer Wichtigkeit erschienen. Eine große Anzahl schöner und ergebnisreicher Untersuchungen namentlich aus den letzten Jahrzehnten mußte unberücksichtigt bleiben, weil sonst der Umfang der Schilderung zu groß geworden wäre. Die physiologisch-biologischen Forschungen hat dagegen Herr *Abderhalden* vorzutragen übernommen.

Der Name *Emil Fischer* erscheint in der chemischen Literatur zum ersten Male im Jahre 1874. Dort veröffentlicht er den Inhalt seiner unter *Adolf von Baeyers* Leitung in Straßburg ausgeführten Doktorarbeit „Über das Fluorescein und das Phthalein des Oreins“. Diese Untersuchung bewegt sich noch ganz im Ideenkreise seines Lehrers.

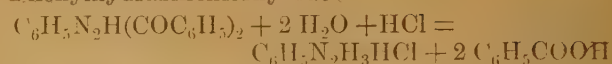
Phenylhydrazin.

Aber schon im nächsten Jahre, 1875, noch aus Straßburg datierend, finden wir seinen Namen mit einer ganz selbständigen Arbeit „Über aromatische Hydrazinverbindungen“ verknüpft, die ihm dauernden Ruhm einbringen sollte. Damals war von aromatischen Hydrazinverbindungen nur das Hydrazobenzol $C_6H_5NH-NHC_6H_5$ bekannt. Außerdem war von *R. Schmitt* und *Glutz* bei der Einwirkung von saurem, schwefligsaurem Kalium auf Diazophenol ein gelbes Salz der Zusammensetzung $C_6H_4(OH)N_2SO_3K + H_2O$ beschrieben worden. *Strecker* und *Roemer* dagegen gelangten beim Diazobenzol selbst durch die gleiche Reaktion zu dem farblosen Salz $C_6H_5N_2H_2SO_3K + H_2O$.

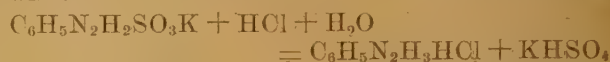
Emil Fischer zeigt nun, daß das zweite Salz aus dem ersten durch eine Reduktionswirkung von überschüssigem Kaliumbisulfit entsteht und durch Benzoylchlorid in Dibenzoylphenylhydrazin unter Lostrennung der Sulfonsäuregruppe übergeht.

$C_6H_5N : NSO_3K + 2KHSO_3 + 2H_2O \rightarrow$
 $\rightarrow C_6H_5NH \cdot NHSO_3K + K_2SO_4 + SO_2$
 $C_6H_5NH \cdot NHSO_3K + 2C_6H_5COCl + H_2O =$
 $C_6H_5N_2H(COC_6H_5)_2 + 2HCl + HSO_4K$
 Durch Erhitzen mit Salzsäure werden die

Benzoylgruppen abgespalten und es entsteht Phenylhydrazinchlorhydrat



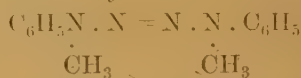
Dasselbe Salz läßt sich einfacher erhalten, wenn das phenylhydrazinsulfonsaure Kalium in konzentrierte Chlorwasserstoffsäure eingetragen wird.



In einer Reihe von weiteren Abhandlungen wird die Konstitution des Phenylhydrazins als Phenylderivat des Diamids $C_6H_5NHNH_2$ begründet, indem er zeigt, daß sich durch Methylierung zwei verschiedene Monomethylderivate herstellen lassen, von denen das eine, da es auch durch Reduktion des Nitrosomonomethylanilins entsteht, folgende Konstitution besitzen muß:



Es liefert bei der Oxydation das Tetrazon



Die andere Verbindung hat die Formel

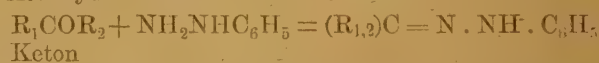
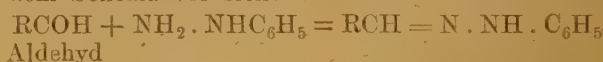


da sie sich bei der Oxydation in einen Azokörper umwandeln läßt:



Das Phenylhydrazin ist eine äußerst reaktionsfähige Base, ihre Derivate sind heute Legion. In den Händen zahlreicher Chemiker hat sich im Laufe der folgenden Periode eine besondere Phenylhydrazinchemie entwickelt. Es sei hier nur an die Erfindung des Antipyrins, des ersten künstlichen brauchbaren Antipyreticums, durch seinen Schüler *Ludwig Knorr* erinnert. Infolgedessen wird die Darstellung des Phenylhydrazins bei den Höchster Farbwerken in den Großbetrieb eingeführt. Das Diamid oder Hydrazin selbst entdeckte *Theodor Curtius* in München auf einem anderen, ganz selbständigen Wege einige Jahre später.

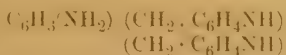
Von den Reaktionen des Phenylhydrazins, die *Emil Fischer* später beschreibt, ist eine besonders bedeutungsvoll für die allgemeine Synthese, diese beruht in seiner Umsetzung mit Aldehyden und Ketonen in essigsaurer Lösung und geht nach dem Schema vor sich:



Im Verlauf dieser Untersuchung wird auch die Einwirkung des Phenylhydrazins auf die Zuckerarten ausgedehnt, die schon damals als Aldehyde und Ketone durch *Kilianis* ausgezeichnete Untersuchungen angesehen werden konnten. Die genaue Aufklärung der Zuckergruppe ist ein Erfolg des Phenylhydrazins.

Rosanilin.

Auch der Konstitutionsnachweis des berühmten Farbstoffs Rosanilin oder Fuchsin ist eine Folge der Arbeiten über die aromatischen Hydrazine. Von Graebe und Caro war für die dem Rosanilin zugrunde liegende Base folgende Formel aufgestellt:



und auch gezeigt worden, daß dieses Produkt mit drei Molekülen Kaliumnitrit und Salzsäure unter Bildung eines Diazokörpers reagiere. Emil Fischer beabsichtigte nun, wie er selbst angibt, ursprünglich nichts anderes als mit Hilfe dieses Diazokörpers und Natriumsulfit nach der oben beschriebenen Reaktion das Hydrazinderivat des Rosanilins zu bereiten, um zu sehen, ob damit eine neuartige Farbstoffklasse gewonnen werden könne.

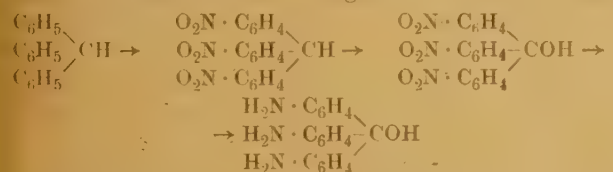
Das Ergebnis ist ein anderes. Zunächst stellt er in Gemeinschaft mit seinem Vetter O. Fischer fest, daß bei der Einwirkung von KNO_2 und Salzsäure eine Triazoverbindung der Rosanilinbase entsteht, woraus hervorgeht, daß die von Graebe und Caro aufgestellte Formel nicht richtig sein kann, da drei Amidogruppen dadurch nachgewiesen werden.

Beim Eliminieren der drei Diazogruppen nach der Griesschen Methode durch Verkochen mit Alkohol gelangen sie zu einem Kohlenwasserstoffe, der sich als p-Tolyldiphenylmethan herausstellt.

Das niedere Homologe des Rosanilins, das durch Oxydation eines Gemenges von Anilin und Paratoluidin gewonnen wird, führt bei analogem Abbau zum Triphenylmethan. Hieraus ergibt sich für die Konstitution der freien Farbbase die Formel eines Triamidotriphenylcarbinols

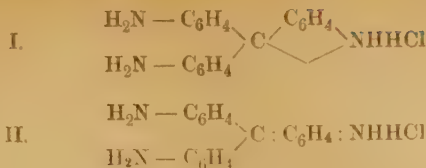


Durch Behandlung des synthetisch gewonnenen Triphenylmethans mit Salpetersäure und darauf folgende Oxydation erhalten sie ein Trinitrotriphenylcarbinol, welches durch Reduktion in dieselbe Base übergeführt werden kann.



Es gelingt auch nachzuweisen, daß die drei Amidogruppen in Parastellung zum Carbinol sich befinden müssen.

Noch in späteren Jahren hat sich Fischer auf Einwürfe von Rosenstiehl hin mit der Erklärung der Salzbildung dieser Farbstoffklasse beschäftigt. Während er zuerst annahm, daß hierbei unter Wasseraustritt eine lactamartige Bindung I eintrete, gibt er nunmehr der von Nietzki aufgestellten Chinonimidformel II den Vorzug:



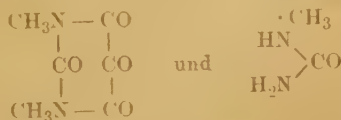
Die Harnsäure- und Xanthingruppe.

Die beiden besprochenen großen Arbeiten entstanden im wesentlichen während seines kurzen Münchener Aufenthalts. Dort hat er auch ein drittes wichtiges Arbeitsgebiet angeschlagen, welches ihn noch durch ein Jahrzehnt beschäftigt, nämlich dasjenige der Xanthinbasen Caffein und Theobromin, aus dem sich die weiteren Untersuchungen über die Purinkörper Xanthin, Guanin, Adenin, Hypoxanthin und die Harnsäure selbst ableiten. Das Interesse für Stoffwechselprodukte wie überhaupt für zur Physiologie in Beziehung stehende chemische Vorgänge entwickelt sich bei Emil Fischer früh. Auch hatte sich schon A. von Baeyer in München mit der Harnsäuregruppe beschäftigt. Warum E. Fischer aber zuerst gerade das Caffein und nicht die einfachere Harnsäure aufgenommen hat, ist nicht ganz klar.

Möglicherweise verhält sich die Sache folgendermaßen: Von Medicus war die noch heute geltende Formel der Harnsäure allerdings ohne jeden experimentellen Beitrag aufgestellt worden. E. Fischer erkannte alsbald die Richtigkeit dieser Formel. Da aber Medicus aus seiner Formel der Harnsäure eine solche für das Caffein abgeleitet hatte, welche mit den Abbauprodukten nicht übereinzustimmen schien, benutzte er diese Lücke, um einzusetzen, ohne sich von der Medicusschen Arbeit abhängig zu machen. Ein eigentümliches Geschick wollte es, daß er später doch die von Medicus für das Caffein zuerst aufgestellte Konstitution als richtig anerkennen und selbst beweisen mußte.

Die erste Arbeit Fischers über das Caffein ist ein klassisches Meisterwerk, mit kurzen Strichen gelingt es ihm, die Formel darzulegen. Ber. d. d. chem. Ges. 14, 1905 (1885).

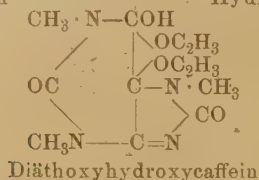
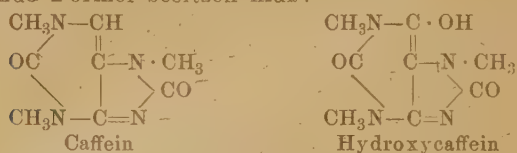
1. Die Base zerfällt bei der Behandlung mit Chlor in Dimethylalloxan und Monomethylharnstoff:



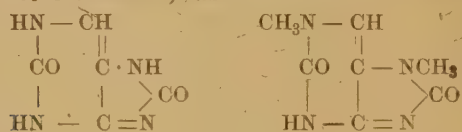
2. Von den zehn Wasserstoffatomen läßt sich eines durch Brom, die Amido- und Hydroxylgruppe ersetzen.

3. Das Hydroxycaffein addiert mit der größten Leichtigkeit Brom und tauscht dasselbe bei der Behandlung mit Alkohol gegen zwei Äthoxyl aus. Dieses Verhalten deutet entschieden auf das Vorhandensein einer doppelten Bindung hin.

Auf Grund dieser und anderer Ergebnisse kommt er zu dem Schluß, daß das Caffein folgende Formel besitzen muß:

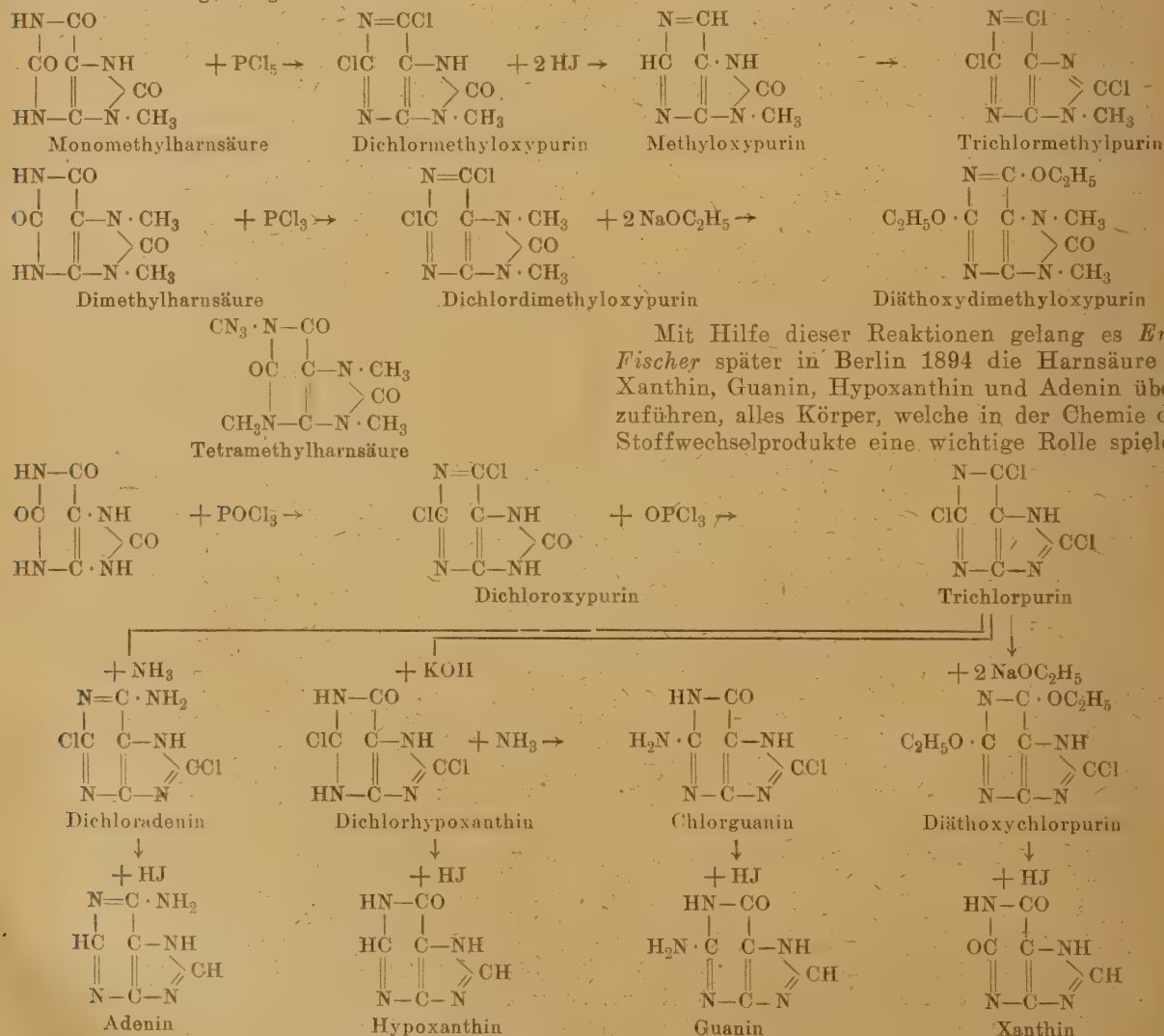


Für das Theobromin und Xanthin leitete er dann die Formeln¹⁾ ab



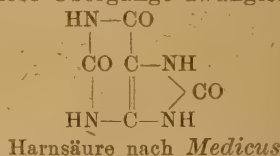
Es gelang ihm auch in der Tat, das Xanthin

¹⁾ Diese Formeln sind, wie schon bemerkt, bei späteren Untersuchungen abgeändert worden.



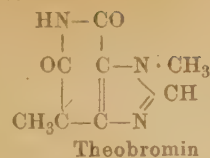
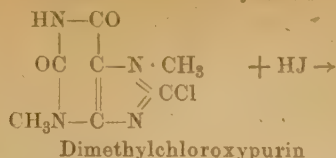
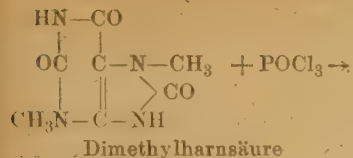
durch Behandeln seines Bleisalzes mit Jodmethyl in Theobromin umzuwandeln.

In den späteren Untersuchungen über die Harnsäure konnte er zeigen, daß dieselbe bei der Methylierung sukzessive 4 verschiedene Monomethyl-, 6 Dimethyl-, 4 Trimethyl- und eine Tetramethylharnsäure liefert. Eine Mono- und eine Dimethylharnsäure war schon von *Hill* beschrieben worden. In der Tetramethylverbindung sind alle vier Imidgruppen durch Methyl ersetzt. Mit Phosphorpentachlorid behandelt, tauschen die Monomethylharnsäuren ihren Sauerstoff gegen Chlor aus und man erhält nacheinander Dichlormethyloxypurin und Trichlormethyloxypurin. Die Chloratome können darin durch Äthoxyl, die Amidogruppe oder mit Jodwasserstoff durch Wasserstoff ersetzt werden. Nach der von *Medicus* aufgestellten Harnsäureformel lassen sich diese Übergänge zwanglos erklären:

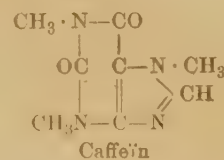
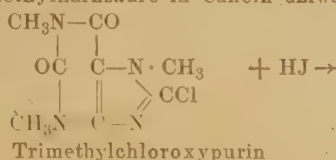
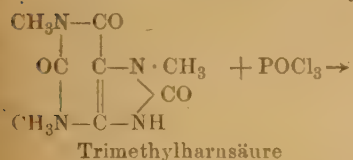


Mit Hilfe dieser Reaktionen gelang es *Emil Fischer* später in Berlin 1894 die Harnsäure in Xanthin, Guanin, Hypoxanthin und Adenin überzuführen, alles Körper, welche in der Chemie der Stoffwechselprodukte eine wichtige Rolle spielen.

In ähnlicher Weise läßt sich dann die Dimethylharnsäure in Theobromin



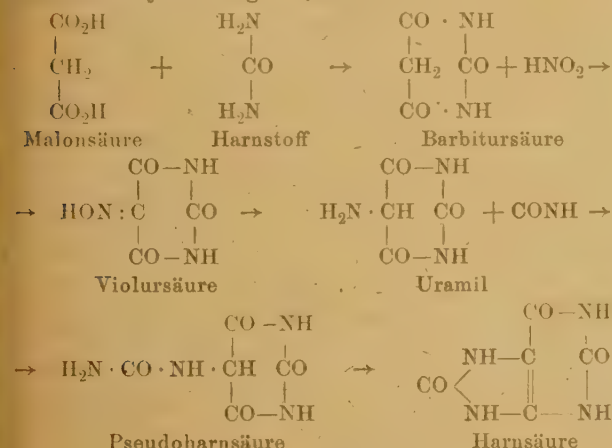
und die Trimethylharnsäure in Caffein umwandeln



In der Zwischenzeit war von *Horbaczewski* und später von *Behrend* und *Roosen* 1889 die Harnsäure synthetisiert worden. Nur die letztere Synthese hatte für die Konstitution derselben nach ihrer eleganten Form beweisende Kraft. Sie war aber immerhin recht kompliziert und eignete sich nicht für technische Zwecke. Eine einfache, durchsichtige Synthese fehlte noch.

Von *Baeyer* hatte schon die Amidobarbitursäure (Uramil) mit Cyansäure kombiniert und dabei die sogenannte Pseudoharnsäure, eine um ein Mol Wasser reichere Verbindung als die Harnsäure erhalten, aber alle Versuche, dieser die Elemente des Wassers zu entziehen, waren fehlgeschlagen. Da gelingt es *Lorenz Ach* 1894, Assistent des Fischerschen Instituts, auf originellem Wege dieses Problem zu lösen. Er erhitzt die Pseudoharnsäure mit schmelzender Oxalsäure.

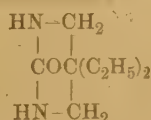
Emil Fischer und *L. Ach* vereinigen sich darauf zu der berühmten Publikation „Neue Synthese der Harnsäure und ihrer Methyl-derivate“. Danach stellt sich die Synthese der Harnsäure jetzt folgendermaßen dar:



Synthese der Harnsäure.

Kombiniert man Dimethylharnstoff mit Malonsäure, so erhält man Dimethylbarbitursäure¹⁾,

¹⁾ Eine Diäthylbarbitursäure

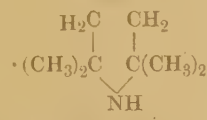
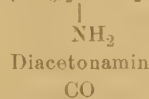
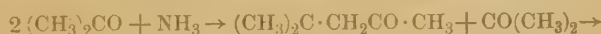


welche über Dimethyluramil und Dimethylpseudoharnsäure in Dimethylharnsäure nach dem gleichen Verfahren übergeführt werden kann. Man hat also ein allgemeines Mittel in der Hand, die methylierten Harnsäuren synthetisch zu gewinnen. Technisch scheint diese Methode die in sie gesetzten Erwartungen erfüllt zu haben. Vielleicht eignet sich hierzu aber noch besser das später von *Wilhelm Traube* ausgearbeitete vortreffliche Verfahren, nach welchem der Cyanessigester mit Harnstoffen kondensiert wird. Wer sich ein genaueres Bild von diesem Arbeitsgebiet *Fischers* machen will, dem sei seine wundervolle Zusammenstellung in den *Ber. d. d. chem. Ges.* 32, 435 (1899) zur Lektüre empfohlen.

Arbeiten verschiedenen Inhalts.

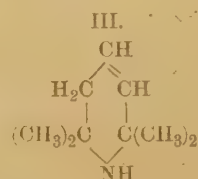
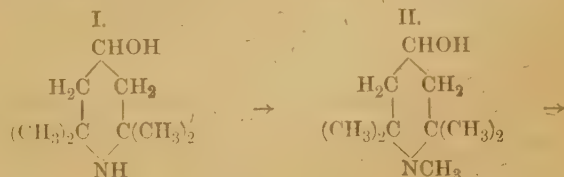
Untersuchungen über die Heintzschen Acetonbasen.

Heintz hatte für die Basen, welche bei der Einwirkung von Ammoniak auf Aceton entstehen, folgende Formeln wahrscheinlich gemacht



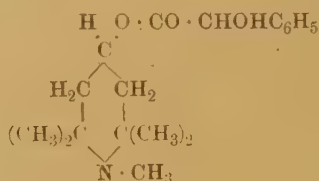
Triacetonamin

Bei der Reduktion geht das Triacetonamin in einen Alkohol über, das Triacetonalkamin I



ist das von *v. Mehring* und *Emil Fischer* aufgefundene bekannte Schlafmittel „Veronal“.

Emil Fischer zeigt nun, daß diese Verbindung sich in der Tat wie ein echtes Piperidin-derivat verhält, da sie sich am Stickstoff methylieren läßt II und mit konz. Schwefelsäure unter Wasserverlust ganz analog wie das Tropin in Tropidin in eine ungesättigte Piperidinbase, das Triacetonin III, übergeht. Er erkennt hiernach als erster, daß im Tropin, dem Spaltungsprodukt des Alkaloids Atropin, nicht eine primäre, sondern eine sekundäre Alkoholgruppe vorhanden sein muß. *G. Merling* wurde dadurch angeregt, seine bekannte Tropinformel mit Brückenbindung aufzustellen, die dann zur endgültigen Aufklärung des Tropins und zu seiner Synthese durch *R. Willstätter* führte. *Emil Fischer* zieht weiter die Konsequenz das n-Methyl-Triacetonalkamin mit Mandelsäure nach der von *Ladenburg* beim Homatropin angewandten Methode zu verestern und erhält dabei folgendes synthetische Alkaloid:

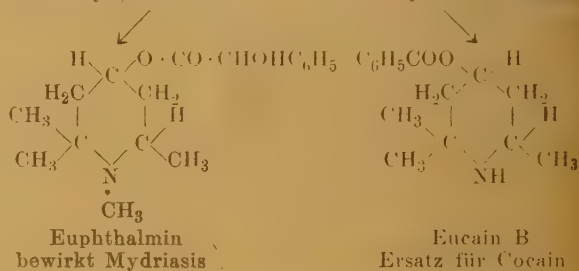
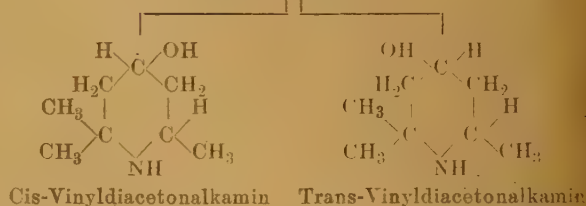
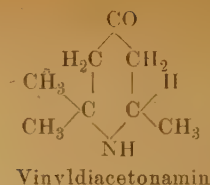


welches wie das Homatropin Mydriasis erzeugen soll. Diese Angabe beruht aber auf einer irrtümlichen Beobachtung, vielleicht der einzigen, die von ihm je mitgeteilt worden ist. Von *G. Merling* und *A. Schmidt* ist nämlich später nachgewiesen worden, daß der reine Mandelsäureester des n-Methyltriacetonalkamins keinerlei physiologische Wirkung besitzt.

Aber es ist interessant, daß diese Angabe, trotzdem sie unrichtig war, andere erfolgreichere Arbeiten angeregt hat. Ich selbst konnte später zeigen, daß, wenn man das niedere Homologe des symmetrischen Triacetonamin das asymmetrische Vinylidiacetonamin reduziert, zwei stereoisomere Vinylidiacetonalkamine gewonnen werden, welche sich chemisch und physiologisch analog verhalten, wie die stereoisomeren Basen Tropin und ψ Tropin, den Spaltungsprodukten des Atropin und Tropacocain nach *Willstätter*.

Das eine gibt methyliert und mit Mandelsäure verestert in der Tat ein Mydriasis erzeugendes Alkaloid, das „Euphthalmin“, das andere mit Benzoylchlorid behandelt ein Anästhetikum wie das Kokain, das sogen. „Eucain B“. Beide Stoffe werden technisch in der Scheringschen Fabrik als Heilmittel hergestellt, da sie den Vorzug der geringeren Giftigkeit gegenüber den natürlichen Alkaloiden haben ¹⁾.

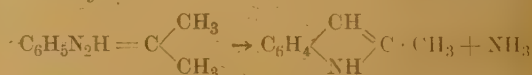
¹⁾ Nach Drucklegung dieser Arbeit habe ich bei der Fischer-Feier durch Herrn Geheimrat *Duisberg* die Ansicht vertreten hören, daß die von mir gefundenen Ergebnisse eine selbstverständliche Folgerung der *Emil Fischerschen* Arbeit gewesen wären. Ich bin daher gezwungen, darauf hinzuweisen, daß *Fischer* nur ein Vinylidiacetonalkamin Smp. 121° beschrieben hat. Der technische Effekt kam erst herein als ich beobachtete, daß zwei stereoisomere Vinylidiacetonalkamine entstehen.



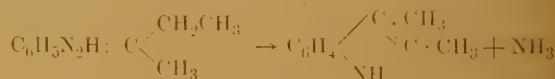
Untersuchungen über Indolderivate.

Die älteren Methoden zum Aufbau des Indols und seiner Derivate sind zwar zahlreich, lassen aber in bezug auf Bequemlichkeit und Ergiebigkeit viel zu wünschen übrig. Diese Schwierigkeit gelang es *Emil Fischer* zu beseitigen durch die Verwendung der leicht zugänglichen Kondensationsprodukte des Phenylhydrazins mit Aldehyden und Ketonen bzw. Ketonensäuren. Diese gehen durch Schmelzen mit Chlorzink oder auch beim Erwärmen mit verdünnten Säuren in Indole über.

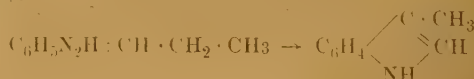
So werden erhalten aus Acetonphenylhydrazon das Methylketol



Aus Methyläthylketonphenylhydrazon neben wenig Äthylindol Dimethylindol

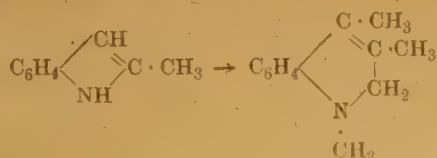


Aus Propionaldehydphenylhydrazon bildet sich Skatol, das Aroma der Faeces:



Kurz erwähnt seien noch die Untersuchungen, die *Emil Fischer* in Gemeinschaft mit *A. Steche* und *Jacob Meyer* über die Methylierung der Indole angestellt hat. Es zeigte sich, daß dabei die Indole nicht nur am Stickstoff methyliert werden, sondern auch noch eine Ringerweiterung durch Einschlebung von Methylen erfahren, ähnlich wie es *Ciamician* beim Pyrrol selbst beobachtete. Das Reaktionsprodukt ist als ein Tri-

methyldihydrochinolin aufzufassen etwa von der Formel



Es gelang aber damals nicht endgültig die Konstitution dieser Körperklasse aufzuklären. Nach der Methode der Ozonisierung würde dies vielleicht jetzt zu realisieren sein.

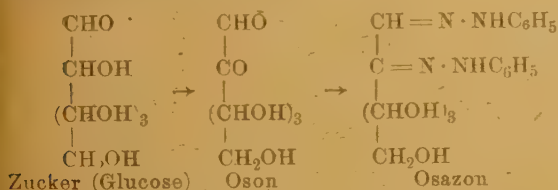
Andere Arbeitsgebiete.

Um die Vielseitigkeit der von Fischer aufgenommenen Probleme zu illustrieren, sei noch daran erinnert, daß er sich in Gemeinschaft mit E. Schmidmer über das Aufsteigen von Salzlösungen in Filtrierpapier, sodann mit Franz Penzolt über die Empfindlichkeit des Geruchssinnes beschäftigte, wobei im letzteren Fall festgestellt wird, daß $\frac{1}{460\,000\,000}$ mg Mercaptan zu einer Geruchswahrnehmung ausreichen. Auch auf anorganischem Gebiet hat er sich betätigt. So schlug er ein Verfahren zur Bestimmung des Arsen vermittels Destillation mit Salzsäure bei Gegenwart von Eisenchlorür vor. Diese Methode ist später von Piloty und Stock verbessert worden.

Die Zuckergruppe¹⁾.

Im Anschluß an seine Arbeiten über „Phenylhydrazin als Reagens auf Aldehyde und Ketone“ hat Emil Fischer noch in Erlangen 1884 auch die Zuckerarten auf ihr Verhalten gegen diese Base untersucht. Von den Zuckern war damals bekannt, daß sie ein Carbonyl besitzen, doch waren kristallisierte, stickstoffhaltige Derivate derselben noch nicht bereitet worden.

Er zeigt, daß sich beim Erwärmen eines Zuckers mit essigsäurem Phenylhydrazin feste gelbe Verbindungen abscheiden, die aber durch Umsetzung von 2 Molekülen Phenylhydrazin mit einem Molekül Zucker entstehen. Nur die Mannose reagiert in erster Phase mit einem Molekül und bildet ein normales Hydrazon, in zweiter Phase aber ein Osazon, welches mit dem Derivat der Glucose identisch ist. Bei der Einwirkung des Phenylhydrazins findet wahrscheinlich eine Oxydation statt, und die sich abscheidenden Derivate, die Osazone, sind dann Derivate dieser Oxydationsprodukte, der Osone:

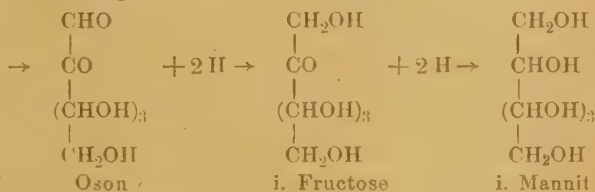
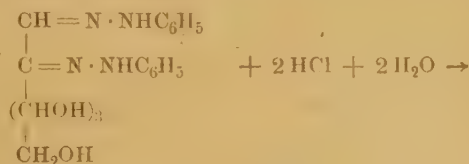


Die Fructose, der Ketonzucker, liefert hierbei dasselbe Osazon wie der Traubenzucker und die Mannose, woraus die stereochemisch wichtige Tatsache hervorgeht, daß bei allen drei der untere Rest



übereinstimmt.

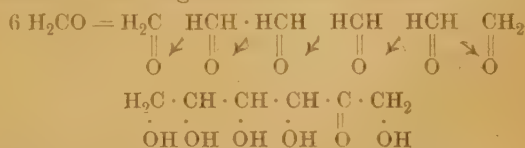
Mit dieser Reaktion gelingt es Emil Fischer, zwei wichtige Momente für die Untersuchung der Zuckerarten zu sichern, nämlich erstens können die Zucker, welche oft schwierig zum Kristallisieren zu bringen sind, durch ein festes, jederzeit leicht herstellbares Derivat identifiziert und zweitens kann ein bestimmter Zucker aus einem Sirup mittels des Osazons herausgenommen, das Osazon nachher durch Salzsäure gespalten und das Osazon reduziert werden, wobei man allerdings zunächst nur zur i. Fructose und aus dieser zum sechswertigen Alkohol gelangt.



Nachdem so ein Verfahren zur Isolierung von Zuckern aus sirupartigen Rohprodukten gefunden war, geht Fischer an die künstliche Bereitung derselben.

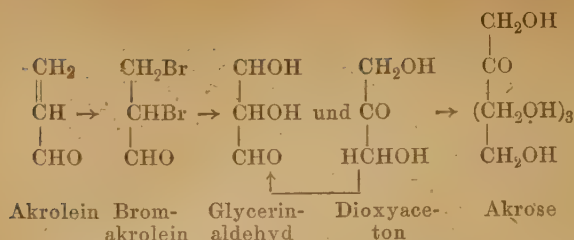
Von Buttlarow und O. Loew war schon versucht worden, Zucker* aus Formaldehyd durch Kondensation mit Kalkwasser künstlich darzustellen. Man erhält danach aus Formaldehyd einen süßschmeckenden Sirup, das Methylenitan oder die Formose. Aus dieser scheidet Phenylhydrazin in der Tat das Glucosazon ab.

Der Vorgang der Kondensation des Formaldehyds läßt sich folgendermaßen erklären:



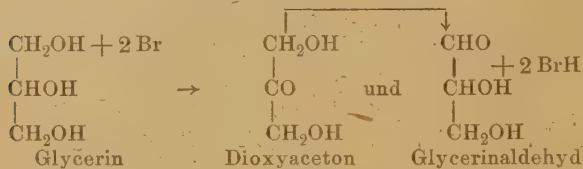
Ein ähnliches Produkt wird gewonnen, wenn man Akrolein bromiert und dieses mit Alkali behandelt. Hierbei werden die Bromatome durch Hydroxyl ersetzt und man erhält je nach der Dauer der Einwirkung des Alkali ein Gemisch von Glycerinaldehyd und Dioxyaceton, die Glycerose, oder daraus durch Kondensation der beiden Triosen miteinander die sogenannte α -Akrose, einen Zucker mit 6 Kohlenstoffatomen.

¹⁾ Emil Fischer, Synthesen in der Zuckergruppe, Ber. d. d. chem. Ges. 23, 2114 (1890), II ebenda 27, 3189 (1894).



Einen Weg, der allgemeinerer Anwendung fähig ist, finden *Fischer* und *Tafel* in der Oxydation der mehrwertigen Alkohole mit Brom und Soda.

Dabei entsteht aus Glycerin über die Glycerose ebenfalls die α -Akrose.

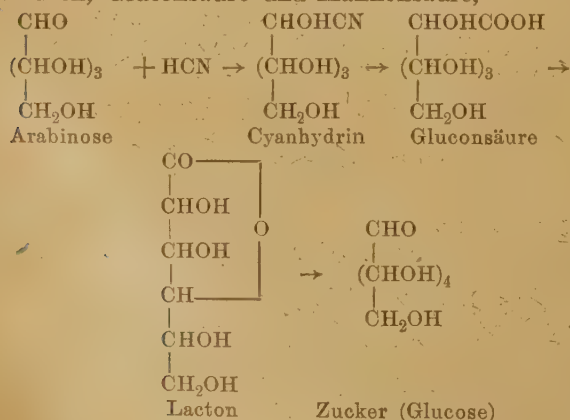


Aus den Hexiten Mannit und Sorbit läßt sich auf diesem Wege die zugehörige Ketose, die Fructose, gewinnen.



Durch Oxydation mit Salpetersäure entsteht aber aus Mannit die Mannose, woraus sich ergibt, daß der Mannit nicht der der Glucose entsprechende Alkohol ist¹⁾. Die Mannose wird so von *E. Fischer* und *J. Hirschberger* entdeckt, später stellt sich heraus, daß sie ein in der Natur weit verbreiteter Zucker ist.

Andere Hilfsmittel der Synthese in der Zuckergruppe bestehen in der Anlagerung von Blausäure an die Zucker, wie ursprünglich von *Kiliani* gefunden wurde. Hierdurch gelangt man über die Cyanhydrine zu Säuren, welche um ein Kohlenstoffatom reicher sind. So entstehen aus dem fünfwertigen Zucker Arabinose zwei isomere Säuren, Gluconsäure und Mannonsäure,



welche beim Eindampfen unter Wasserabspaltung in ihre Lactone übergehen. Diese lassen sich durch vorsichtige Reduktion in die Zucker überführen. Die Säuren werden durch Erhitzen mit Pyridin zum Teil ineinander umgelagert, so daß man aus der Mannonsäure Gluconsäure und umgekehrt aus der letzteren erstere bereiten kann.

Vermittels der Strychninsalze werden diese Säuren in die optisch aktiven Komponenten gespalten. Die optisch aktiven Säuren können dann nach dem geschilderten Verfahren wieder zu den aktiven Zuckern reduziert werden.

Allgemein vergärt Bierhefe, soweit sie überhaupt den Zucker angreift, aus inaktiven Zuckern die rechts drehende Form und läßt die links drehende übrig; man besitzt so einen einfachen Weg zur Bereitung der links drehenden Modifikationen.

Emil Fischer synthetisiert mit diesen Hilfsmitteln die Glucose (Traubenzucker), die Mannose, den Fruchtzucker und eine Reihe anderer, nicht natürlicher Zucker, welche er als zur Mannitgruppe gehörig bezeichnet.

Die Synthese ersieht man aus der Übersicht auf Seite 851.

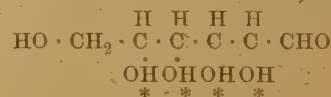
Von der Mannitgruppe sind also 4 Paare von optisch aktiven Zuckern bekannt.

Nun gibt es noch eine andere Gruppe von Zuckern derselben Kohlenstoffzahl, die sich von dem sechswertigen Alkohol Dulcitol ableiten, aber noch nicht der Totalsynthese wie die Körper der Mannitgruppe zugänglich sind. Der in der Manna von Madagascar auftretende Dulcitol wird zur Galactose oxydiert, einem Zucker, der sich auch in dem Disaccharid Milchzucker findet. Von der Dulcitolgruppe hat *Fischer* selbst 3 Zucker dargestellt, die rechts- und links-Galactose und die d-Talose. Die anderen jetzt bekannten wurden von *Levene* gewonnen.

Sterische Konfiguration der Zucker.

Emil Fischer hat mit dem Nachweis der Konfiguration der Hexosen eine glänzende, vielleicht die glänzendste Rechtfertigung der *Le Bel-van't Hoff'schen* Lehre von der Lagerung der Atome im Raume gegeben.

Nach *van't Hoff* kann bekanntlich ein Körper mit asymmetrischem Kohlenstoffatom in zwei optisch aktiven (die Ebene des polarisierten Lichts entgegengesetzt drehenden) stereoisomeren Formen auftreten, die sich in der Formel wie Bild zum Spiegelbild verhalten. Für jedes asymmetrische Kohlenstoffatom, welches hinzutritt, erhöht sich die Zahl, und allgemein läßt sich die Zahl der optisch aktiven Isomeren nach der Formel 2^n berechnen, worin n die Zahl der asymmetrischen Kohlenstoffatome bedeutet. Die Konstitutionsformel für die Hexosen besitzt nun 4 asymmetrische Kohlenstoffatome, welche mit



¹⁾ Dies ist der Sorbit.

Synthesen in der Mannitgruppe.

Akrose aus Formaldehyd, Glycerin oder Akroleinbromid

↓ + Phenylhydrazin

Glukosazon

↓ gespalten

Glukoson

↓ reduziert

i. Fructose

mit Bierhefe vergoren

↓ reduziert

l. Fructose

i. Mannit

↓ mit Salpetersäure oxydiert

i. Mannose

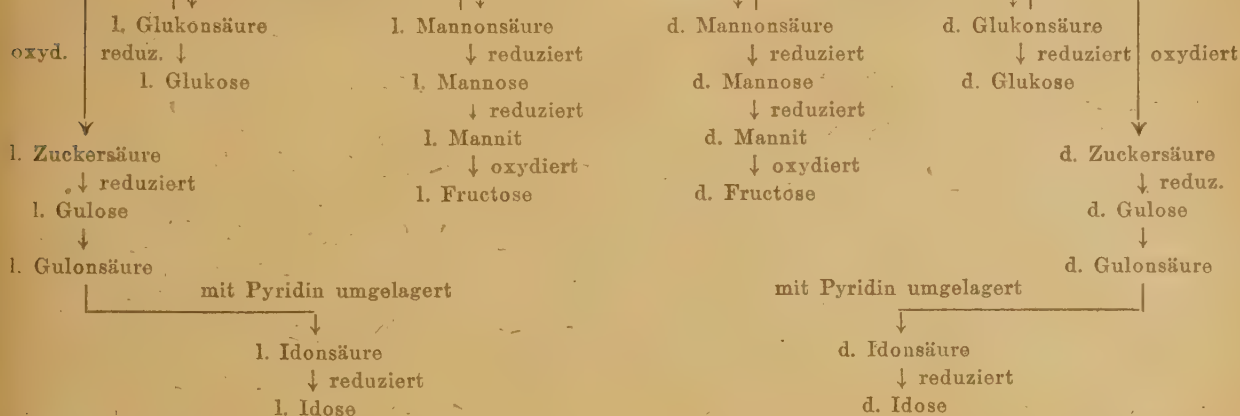
↓ oxydiert

i. Mannonsäure

mit Pyridin umgelagert

mit Strychnin gespalten

mit Pyridin umgelagert



einem Stern bezeichnet sind, woraus sich nach 2⁴ die Existenz von 16 isomeren Hexosen voraussehen läßt, von denen je 8 im Verhältnis wie Bild und Spiegelbild zueinander stehen. Durch Zusammentritt von Bild und Spiegelbild bildet sich die inaktive Verbindung, das sogenannte Racemat. Zunächst erscheint es kaum möglich, eine Unterscheidung zwischen diesen 16 sterischen Formen nach der Lagerung der Atome am Sechskohlengerüst zu treffen, und doch ist es Fischers Scharfsinn gelungen, dieses Problem aufzuklären.

Es würde natürlich den Rahmen dieser Abhandlung überschreiten, wollte man alle Einzelheiten der Konfigurationsbestimmung aufführen; es soll daher nur das Prinzip seiner geistreichen Überlegungen wiedergegeben werden¹⁾.

Nach van't Hoff verringert sich die Anzahl der stereoisomeren Formen, wenn die Struktur des Moleküls symmetrisch wird, und zwar beträgt sie für eine gerade Zahl von asymmetrischen Kohlenstoffatomen

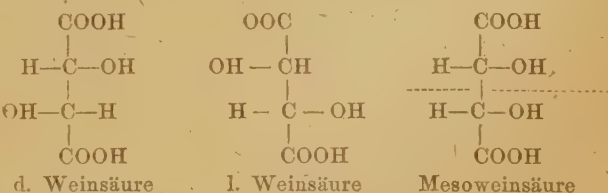
$$2^{n-1} (2^n + 1)$$

für den Fall, daß sie aber ungerade ist, nach Emil Fischer 2ⁿ⁻¹.

Diese Verminderung beim symmetrischen Bau

des Moleküls tritt dadurch ein, daß intramolekulare Kompensation entstehen kann, indem die eine Hälfte des Moleküls das Spiegelbild der anderen ist.

Das typische Beispiel hierfür bildet die Weinsäure, von der, obwohl sie zwei asymmetrische Kohlenstoffe besitzt, nur 2 optisch aktive Formen, die rechts- und links-Weinsäure und außerdem eine dritte, nicht in optisch aktive Formen spaltbare Weinsäure, die sogenannte Mesoweinsäure, existieren.

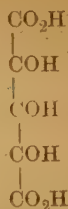


Wenn man durch die Mitte der Formel der Mesoweinsäure einen Strich zieht, so sieht man, daß die obere Hälfte des Moleküls genau das Spiegelbild der unteren ist, sich also in bezug auf die optische Aktivität mit der unteren Hälfte gegenseitig intramolekular kompensiert. Bei der Trioxylglutarsäure, welche drei asymmetrische Kohlenstoffatome besitzt, liegt die Sache ähnlich, hier sind zwei Mesoformen und zwei optisch aktive möglich:

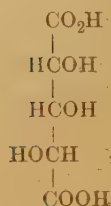
¹⁾ Synthesen in der Zuckergruppe II, Ber. d. d. chem. Ges. 27, 3208 (1894).



Xylotrioxylglutarsäure



Ribotrioxylglutarsäure



d. Trioxylglutarsäure



l. Trioxylglutarsäure

Bei den Zuckersäuren, Dicarbonsäuren der allgemeinen symmetrischen

$\text{COOH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{COOH}$ sind sogar alle 10 nach der Rechnung möglichen Isomere dargestellt und darunter befinden sich auch gemäß der Theorie 4 optische Paare und 2 inaktive Substanzen. Da den 16 Aldohexosen nur 10 Dicarbonsäuren entsprechen, so müssen 6 der letzteren aus je zwei verschiedenen Zuckern entstehen. Drei derartige Fälle sind bekannt, die Bildung der beiden d- und l-Zuckersäuren aus je einer Glucose und einer Gulose, ferner die Entstehung der Schleimsäure aus den beiden optisch isomeren Galactosen. Dasselbe gilt für die beiden Alkohole Sorbit und Dulcit. Den weiteren Beweis lassen wir am besten E. Fischer mit seinen eigenen Worten führen, unter Zugrundelegung der sterischen Formeln der Mannitgruppe, denn knapper kann man diese schwierigen Verhältnisse nicht darlegen:

Hexosen, Hexonsäuren, Hexite und Zuckersäuren.

a) Mannitgruppe.

1	2	3	4	5	6	7
$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $
l-Mannose l-Mannonsäure	d-Mannose d-Mannonsäure	l-Idose l-Idonsäure	d-Idose d-Idonsäure	l-Glucose l-Gluconsäure	l-Gulose l-Gulonsäure	d-Glucose d-Gluconsäure

8	9	10	11	12	13	14
$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{COOH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{COOH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{COOH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{COOH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{COOH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{COOH} \end{array} $
d-Gulose d-Gulonsäure	l-Mannozucker- säure l-Mannit	d-Mannozucker- säure d-Mannit	l-Idozucker- säure	d-Idozucker- säure	l-Zuckersäure l-Sorbit	d-Zuckersäure d-Sorbit

b) Dulcitgruppe.

15	16	17	18	19	20	21
$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{HC} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{CH}_2\text{CH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{HO} - \text{H} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{H} - \text{OH} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $
l-Galactose l-Galactonsäure	d-Galactose d-Galactonsäure					

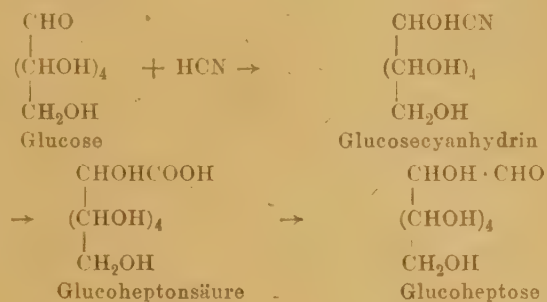
22	23	24	25	26
$\begin{array}{c} \text{COH} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{HO}-\text{H} \\ \text{H}-\text{OH} \\ \text{COOH} \end{array}$
d-Talose d-Talonsäure	Schleimsäure Dulcit (inaktiv)	Alloschleim- säure? (inaktiv)	l-Taloschleim- säure	d-Taloschleim- säure d-Talit

„Die Ableitung der Formeln für die Glieder der Pentosen- und der Mannitgruppe, zwischen welchen mehrere Übergänge bestehen, geschah auf folgende Art: Die Zuckersäure entsteht aus zwei verschiedenen Zuckern, Glucose und Gulose, und gehört mithin zu den Nummern 13, 14, 23, 24, 25, 26. Davon fallen aber 23 und 24 als inaktive Systeme fort, und die Nummern 25, 26 können durch die Betrachtung der Mannozuckersäure ausgeschlossen werden. Dieselbe steht zur Zuckersäure im gleichen Verhältnis wie Mannose zur Glucose, und diese beiden Zucker unterscheiden sich, wie aus der Identität der Osazone und aus den Beziehungen zur Fructose oder zur Arabinose zweifellos hervorgeht, nur durch die Anordnung an dem Kohlenstoff, welcher der Aldehydgruppe benachbart ist. Wäre nun Zuckersäure System 25 oder 26, so müßte Mannozuckersäure 23 oder 24 sein. Das ist aber wegen der optischen Aktivität wieder unmöglich. Somit bleiben für die d- und l-Zuckersäure nur die Formeln 13 und 14 übrig. Da eine Entscheidung über rechts und links bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse nicht getroffen werden kann, da ferner die Formeln selbst es zweifelhaft lassen, ob die Reihenfolge von H und OH am einzelnen Kohlenstoffatom im Sinne des Uhrzeigers oder umgekehrt ist, so habe ich (*Emil Fischer*) willkürlich für die d-Zuckersäure die Formel 14 gewählt, weil es zweifellos bequemer ist, nur mit einer Formel zu operieren. Nachdem das geschehen, hört aber jede weitere Willkür auf; vielmehr sind nun die Formeln für alle optisch aktiven Verbindungen, welche jemals mit der Zuckersäure experimentell verknüpft worden, festgelegt. Der Zuckersäure entsprechen die beiden Aldosen, Glucose und Gulose. Um zu entscheiden, welche von ihnen in der d-Reihe die Formel 7 oder 8 hat, ist es nötig, auf die Pentosen zurückzugehen. Die erste entsteht durch die Cyanhydrinreaktion aus der Arabinose, die zweite aus der Xylose. Daß diese Versuche nur in der l-Reihe ausgeführt wurden, ist für die Beweisführung gleichgültig. Nimmt man nun aus den Formeln 7 und 8 das asymmetrische Kohlenstoffatom heraus, welches durch die Anlagerung der Blausäure entsteht, so resultieren die Formen



Da nur die zweite eine inaktive Trioxylglutarsäure geben kann, wie es für die Xylose zutrifft, so gehört sie dem optischen Antipoden der natürlichen Xylose und die erste der d-Arabinose. Daraus folgt nun für d-Glucose die Formel 7, für d-Gulose Nr. 8. Weiter ergeben sich die Formeln der Mannose aus den Beziehungen zur Glucose, der Idose aus dem Verhältnis zur Gulose, der Ribose aus den Beziehungen zur Arabinose und der zweiten inaktiven Trioxylglutarsäure.“

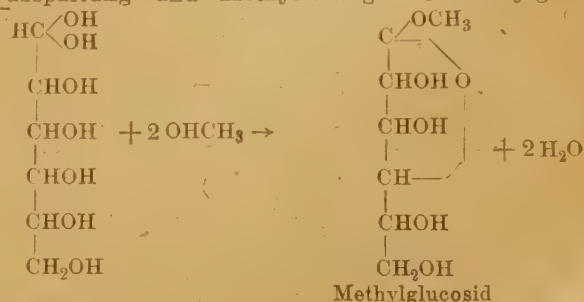
Von weiteren synthetischen Versuchen in dieser Gruppe sei der Aufbau der Hexosen zu kohlenstoffreicheren Zuckerarten erwähnt. Hier gelingt es ihm mit Hilfe der Cyanhydrinreaktion über die Lactone durch Reduktion bis zu einem Zucker mit 9 Kohlenstoffatomen der Nonose aufzusteigen.



Glucoside und Disaccharide.

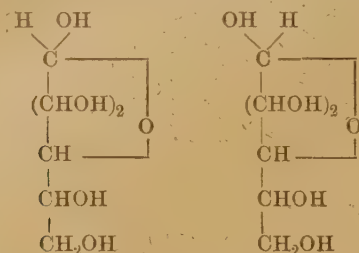
In der Natur weit verbreitet sind die Glucoside, Verbindungen von Körpern verschiedenartiger Natur mit Zuckern und die Disaccharide, acetalartige Anhydride von Monosacchariden. Von ersteren sei als typisches Beispiel das Amygdalin in den bitteren Mandeln, von letzteren der Rohr- oder Rübenzucker, die Maltose im Bier und der Milchzucker genannt. Es ist gelungen, die Konstitution dieser Verbindungen aufzuheben und eine größere Anzahl von Glucosiden zu synthetisieren, jedoch konnten Synthesen der wichtigen natürlichen Disaccharide trotz intensivster Bemühungen *Fischers* bisher nicht ausgeführt werden.

Die einfachsten Glucoside werden durch Behandlung der Hexosen mit Methylalkohol und einer Spur Salzsäure erhalten. Er nimmt zunächst an, daß dabei zuerst die Hydrate der Zucker entstehen, welche dann unter Wasserabspaltung und Methylierung die Methylgluco-



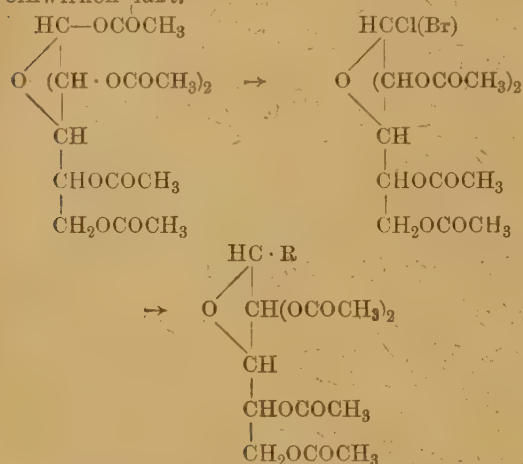
side liefern.

Da hierbei immer zwei stereoisomere Formen, die α - und β -Verbindung, beobachtet werden, kommt er später zu der Vorstellung, daß die Zucker nicht als freie Aldehyde auftreten, sondern als Anhydride und in dieser Form schon zwei Isomere bilden, z. B. die α - und β -Glucose:

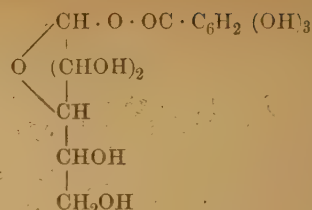


Dann ist die Methylierung anders zu erklären. Es setzt sich das Hydroxyl einfach mit dem Methylalkohol unter Wasseraustritt um.

Eine für die Synthese glucosidartiger Körper sehr wichtige Substanz ist die von *Colley* entdeckte und von *Michael* zuerst für diesen Zweck benutzte Acetochlorhydrose, oder noch besser, wie *Fischer* zeigen kann, die Acetobromhydrose von *W. Königs* und *Knorr*. Diese Verbindungen entstehen, wenn man Traubenzucker mit Essigsäureanhydrid behandelt und auf das dabei gewonnene Pentaacetat der Glycose flüssige Salzsäure bzw. Bromwasserstoffsäure einwirken läßt.

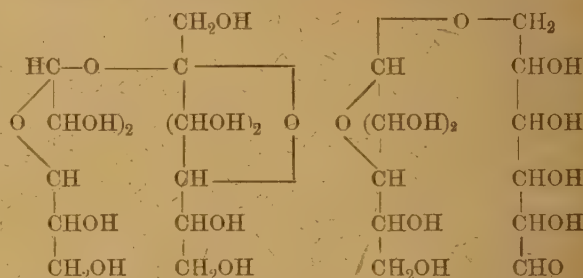


Das Halogenatom kann durch andere Reste leicht ersetzt und die Acetylgruppen nachher verseift werden. Hierdurch gelingt es, das Traubenzuckermolekül mit anderen Körpern, z. B. Phenolen, zur glucosidartigen Bindung zu bringen. In dieser Richtung haben sich sehr zahlreiche Untersuchungen *Emil Fischers* in den letzten 20 Jahren bewegt. Hier gelangen ihm die Synthesen der cyanhaltigen Glucoside Sambunigrin und Linamarin, ferner die in die Chemie der Gerbstoffe hinüberleitende 1. Galloylglucose durch Umsetzung des Silbersalzes der Gallussäure mit Acetobromglucose, das als identisch mit dem Glucogallin, welches *Gilson* aus dem chinesischen Rhabarber isolierte, erkannt wird:



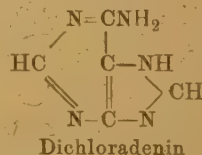
Weniger erfolgreich ist er bei der Synthese der natürlichen Disaccharide nach diesem Verfahren. Man erhält zwar durch Umsetzung von Acetochlorhydrose mit den Natriumverbindungen der Hexosen künstliche Disaccharide, aber der Rohrzucker und der Milchwucker harren noch ihres Aufbaus aus den Monosacchariden, wahrscheinlich ist aber der von ihm beschrittene der richtige Weg.

Für die Konstitution des Rohrzuckers und Milchwuckers ergeben sich folgende Formeln, welche unter der Berücksichtigung, daß nur der letztere eine freie Aldehydgruppe nach seinen Reaktionen enthalten kann, aufgestellt sind.

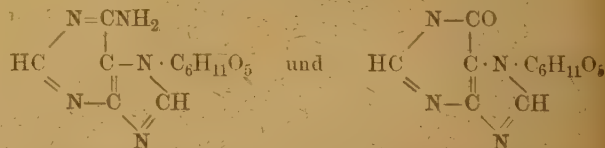


Rohrzucker (Verbindung von Glucose und Fructose) Milchwucker (Verbindung von Glucose und Galactose)

Interessant sind noch die Glucoside der Purinbasen wegen ihrer großen physiologischen Bedeutung, welche *Emil Fischer* und *B. Helferich* mit Hilfe der Acetobromhydrose und des Silbersalzes des Dichloradenin bereiten. Das Dichloradenin läßt sich danach in Glucosido-Adenin und dieses durch salpetrige Säure in das Glucosido-Hypoxanthin umwandeln.



Dichloradenin



Glucosido-adenin

Glucosidohypoxanthin

Da derartige Glucoside in Verbindung mit Phosphorsäure im Zellkern als Nucleinsäuren eine große Rolle spielen, so ist der Weg zur Synthese dieser wichtigen Körperklasse eröffnet. Wie man andererseits zu Phosphorsäureestern der Zucker gelangen kann, hat der leider so früh verstorbene

Langheld in Würzburg gelehrt. Die Untersuchungen über die Glucoside leiten zu den Gerbstoffen hinüber, auf die nachher näher eingegangen wird.

Eiweißstoffe (Proteine) und Polypeptide.

Es war schon länger bekannt, daß die Proteine bei der Hydrolyse mit Salzsäure eine Anzahl Aminosäuren ergeben, von denen als die wichtigsten das Glykokoll (Aminoessigsäure), das Alanin (α -Aminopropionsäure), das Serin (β -Oxy- α -aminopropionsäure), das Leucin (α -Aminoisocaproonsäure), das Phenylalanin, das Tyrosin (p-Oxyphenylalanin), das Tryptophan, das Asparagin (Amid der Aminobernsteinsäure), die Glutaminsäure und endlich das schwefelhaltige Produkt Cystin anzusehen sind. Außerdem sind aber noch eine Reihe komplizierterer Stoffe namentlich von Kossel darin aufgefunden worden.

Diese Aminosäuren kommen in den Proteinen, soweit sie asymmetrische Struktur besitzen, nur in den optisch aktiven Formen vor. Aus der Bildung dieser Aminosäuren durch Hydrolyse der Proteine konnte man den Schluß ziehen, daß sie in diesen Stoffen in Form langer Ketten enthalten sind, welche man sich durch Wasseraustritt zwischen Amino- und Carboxylgruppen unter den verschiedenen Aminosäuren entstanden zu denken hat.

In eigenartiger Weise beginnt Fischer seine Arbeiten über die Eiweißstoffe. Lange bevor er an die Aufklärung der Konstitution der Proteine selbst herantritt, beschäftigt er sich mit der genauen Feststellung der Eigenschaften ihrer einzelnen Bausteine. Es war damals noch kein Verfahren bekannt, auf synthetischem Wege bereitete inaktive Aminosäuren in ihre optisch aktiven Komponenten zu spalten. Seine ersten Arbeiten beschäftigen sich daher eingehend mit dieser Frage. Er findet ihre Lösung darin, daß die Aminosäuren benzoiliert oder besser formyliert mit einem Alkaloid, wie Brucin oder Strychnin-kombiniert der fraktionierten Kristallisation unterworfen werden. Aus den optisch aktiven Benzoylkörpern kann dann das Benzoyl durch Hydrolyse herausgenommen werden und man erhält die optisch aktiven Formen der Aminosäuren.

Nachdem dies Problem gelöst, tritt er an die zweite Aufgabe, die Synthese der eingangs aufgezählten wichtigeren Aminosäuren, wobei auch ihre Derivate und insbesondere ihre Esterbildung untersucht werden.

Von Th. Curtius war früher der Aminoessigester $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOC}_2\text{H}_5$ dargestellt, aber die Ester der anderen Säuren waren noch gar nicht oder ganz oberflächlich bearbeitet worden.

Fischer findet, daß sich diese Ester viel günstiger zur Trennung von Gemischen mehrerer Aminosäuren eignen, als die freien Säuren selbst, da ihre Salze mit Mineralsäuren besser krystalli-

sieren und ein großer Teil der Ester im Vakuum besonders bei ganz niederen Drucken unzersetzt siedet, während die Säuren nicht destillierbar sind. In Gemeinschaft mit C. Harries arbeitet er dann ein Verfahren aus, um zersetzliche hochsiedende Substanzen bei ganz niederem Drucke zu fraktionieren.

Erst als diese Vorarbeiten erledigt sind, begibt er sich an das Abbaustudium zur Aufklärung der Proteine selbst und gleichzeitig werden die Versuche zur Synthese eiweißähnlicher Stoffe in Angriff genommen.

Für den Abbau der Proteine benutzt er die eben geschilderte Estermethode. Die Eiweißarten werden durch längeres Kochen mit konz. Salzsäure hydrolysiert, die Reaktionsmasse eingedampft und mit Alkohol und Salzsäure verestert. Das Gemisch der aus den Hydrochloriden in Freiheit gesetzten Aminosäureester wird einer sehr sorgfältigen Fraktionierung im Vakuum unterworfen und die einzelnen Fraktionen nachher verseift. So gelingt es in sehr einfacher Art die verschiedenen Proteine auf ihren Gehalt an Aminosäuren quantitativ zu prüfen. Nur die komplizierteren Basen Lysin, Arginin und Histidin müssen noch nach dem Kosselschen Verfahren isoliert werden. In Gemeinschaft mit Abderhalden hat Fischer eine sehr große Zahl von Eiweißstoffen in dieser Weise untersucht und dabei wurde auch eine Anzahl noch nicht bisher als Spaltungsprodukte der Proteine bekannt gewordener Aminosäuren aufgefunden, so das Prolin, die Pyrrolidin- α -carbonsäure, das Oxyprolin und die Diaminotrioxydodekansäure.

Ergebnisse der Hydrolyse einiger Proteine nach der Estermethode.

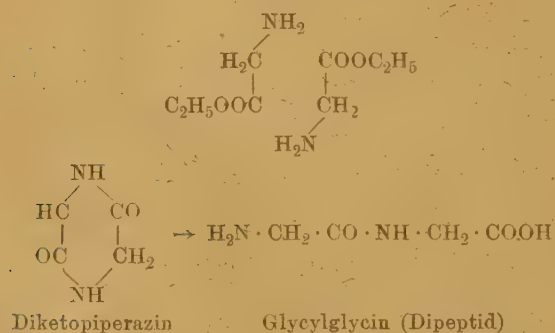
	Casein	Albumin a. Milch	Albumin a. Serum
Alanin	0,9	2,1	2,68
Aminovaleriansäure	1,0	—	—
Leucin	10,5	6,1	20,—
Prolin	3,1	2,25	1,04
Phenylalanin	3,2	4,4	3,08
Glutaminsäure	11,0	8,0	1,52
Asparaginsäure	1,2	1,5	3,12
Cystin	0,065	0,2	2,3
Serin	0,23	—	0,6
Tyrosin	4,5	1,1	2,1
Tryptophan	1,5	vorhanden	
Diaminotrioxydodekansäure	0,75	nicht bestimmt	
Oxyprolin	0,25	"	"
Lysin	5,80	"	"
Arginin	4,84	"	"
Histidin	2,59	"	"

Aus diesen Prozentzahlen ergibt sich, daß einzelne Aminosäuren in einer größeren Anzahl von Molekülen darin enthalten sein müssen, so daß z. B. im Casein mindestens 30 Moleküle Aminosäuren vorhanden sind. Die Proteine sind also außerordentlich komplizierte Stoffe und dürften ihrer Synthese große Schwierigkeiten entgegensetzen.

Fischer glaubt aus seinen Resultaten den Nachweis erbracht zu haben, daß die Eiweißstoffe in der Hauptsache kettenförmige Anhydride der Aminosäuren sind, wobei allerdings über die Reihenfolge der Verkettung derselben untereinander kein Anhalt gegeben ist. Gegenüber der Ansicht von *Loew*, der auch ich mich anschließe, daß in den genuinen Eiweißkörpern auch Amidoaldehyde in irgend einer Bindung enthalten sind, weil sich sonst nicht recht die teilweise Verkohlung der Proteine bei der Hydrolyse durch Säuren erklären läßt, verbleibt er ablehnend.

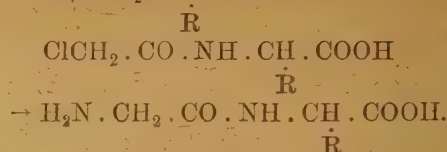
Um nun dieses Problem aufzuklären, schlägt er den Weg der Synthese nach einem Näherungsverfahren ein. Er versucht zunächst durch Verkettung verschiedener Aminosäuren untereinander Stoffe zu erzeugen, die den Peptonen ähnlich oder mit ihnen identisch werden. Er nennt diese synthetischen Stoffe in Anlehnung an den Namen Pepton „Polypeptide“. Die Peptone entstehen durch die Wirkung des Pepsins auf die Proteine im Magen. Man ist aber über die Wirkungsweise dieses Ferments auf die Proteine noch nicht im Klaren. Die Peptone haben noch ein recht hohes, aber nicht mehr so hohes Molekül wie die Ausgangskörper. Chemisch zeigen sie noch die Reaktionen der Eiweißstoffe an, physikalisch verhalten sie sich aber verschieden, so lassen sie sich z. B. durch Säuren nicht mehr koagulieren. Durch die Pankreasverdauung werden sie infolge der Wirkung des Trypsins zu den Aminosäuren selbst abgebaut.

Das einfachste Polypeptid, das Dipeptid Glycylglycin, entsteht aus dem Polymerisationsprodukt des Aminoessigesters, dem Diketopiperazin, welches von *Th. Curtius* schon früher beschrieben wurde, durch teilweise Hydrolyse.



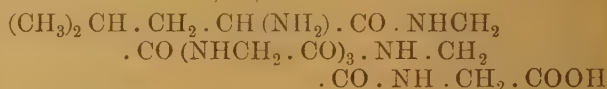
In ähnlicher Weise bilden auch manche anderen Aminosäuren Diketopiperazine, welche sich dann zu Dipeptiden aufspalten lassen.

Die allgemeine Synthese für die Polypeptide ist aber folgende. Die halogenhaltigen Acylchloride lassen sich zunächst mit den Aminosäuren umsetzen, worauf das Chloratom mit flüssigem Ammoniak gegen die Aminogruppe ausgetauscht wird:



Man hat es so in der Hand, jede Art Aminosäuren miteinander zu kombinieren und lange Ketten der verschiedenartigsten, auch der optisch aktiven Verbindungen aufzubauen.

Emil Fischer stellt nach diesen Methoden über 100 verschiedene Tri-, Tetra-, Penta-, Hexa- und Pentapeptide dar. Das letztere ist das Leucyl-pentaglycylglycin



Das höchste Produkt der Polypeptidsynthese ist indessen das

1. Leucyl - triglycyl - 1. leucyl - triglycyl - 1. leucyl - octaglycylglycin, ein Octadekapeptid von dem hohen Molekulargewicht 1212 und der empirierten Formel



Dieses nicht mehr kristallisierte Produkt gleicht den Peptonen vollkommen und zeigt alle ihre chemischen Reaktionen an. Ebenso wie diese werden die optisch aktiven Polypeptide nach *Fischer* und *Abderhalden* durch Pankreasverdauung in die Komponenten gespalten.

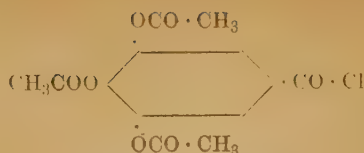
Durch Abbau aus den Proteinen ist es den gleichen Autoren bisher nur in wenigen Fällen gelungen, Peptide zu isolieren, so z. B. das Glycyl - d. Alanin



Zum Schluß dieses Kapitels sei eine für die chemische Naturerkenntnis bedeutsame Betrachtung *Emil Fischers* mitgeteilt. Er errechnet, daß bei einfachster Verkettung von 30 Aminosäuren, von denen nur 18 untereinander verschieden sind, schon mehr als 1000 Quadrillionen Isomere auftreten und kommt so zu dem Schluß, daß die Verschiedenheit der Lebewesen wie der Menschen im besonderen bereits dadurch erklärt werden könnte, daß jedes Lebewesen bzw. jeder Mensch chemisch strukturverschiedene, d. h. isomere Eiweißkörper besitzt.

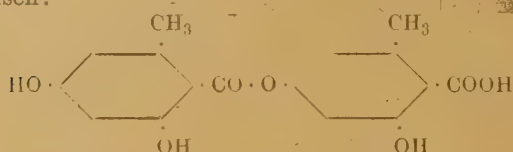
Zur Kenntnis der Waldenschen Umkehrung.

Walden hat gezeigt, daß l. - Chlorbernsteinsäure mit Silberoxyd behandelt in l. - Apfelsäure, mit Kaliumhydroxyd aber in d. - Apfelsäure übergeht. Andererseits entsteht wieder mit Phosphorpentachlorid aus d. - Apfelsäure l. - Chlorbernsteinsäure, aus l. - Apfelsäure d. - Chlorbernsteinsäure. Diesen Kreisprozeß hat *Walden* in folgendem Schema zusammengefaßt.

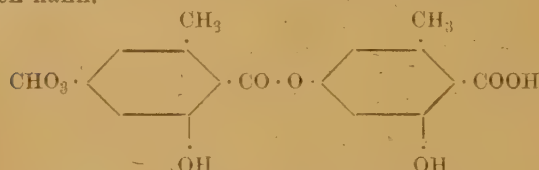


Derivat der Gallussäure.

Kuppelt man das Dicarboxymethoxyl-Orsellinsäurechlorid mit dem Natriumsalz der Orsellinsäure selbst, so erhält man ein Didepsid, welches identisch ist mit der aus gewissen Flechten bereiteten Lekanorsäure. Für diese läßt sich folgende Konstitution durch die Synthese nachweisen:



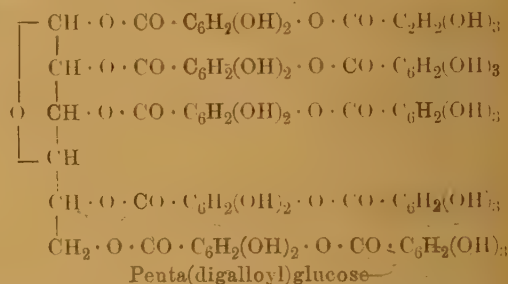
Ein Methyläther derselben ist die ebenfalls in den Flechten vorkommende Eversnäsäure, wie *Emil Fischer* mit seinem Sohne *Hermann* zeigen kann.



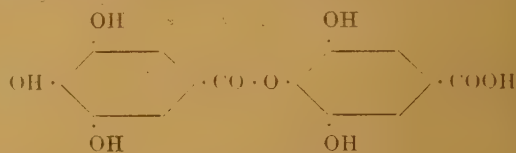
Von allgemeinerem Interesse sind die Untersuchungen *E. Fischers* über die Natur der Gerbstoffe und ihre Synthese, welche er in Gemeinschaft mit *K. Freudenberg* beginnt und später mit *Max Bergmann* fortsetzt. Zur Synthese haben im wesentlichen die oben geschilderten Verfahren gedient. Die Gerbstoffe spielen in der Pflanzenphysiologie eine wichtige Rolle, sie sind weit verbreitet und besitzen die gemeinsame Eigenschaft, sich mit der tierischen Haut zu verbinden. Sie zerfallen aber in verschiedene Gruppen, sobald man chemische Gesichtspunkte für ihre Klassifizierung verwendet. *Fischers* Versuche beschränken sich zunächst auf den bekannten Gerbstoff der Galläpfel, das Tannin und einige Substanzen desselben Typus. Sie sind in Kürze als acylartige Verbindungen der Zucker mit Phenolcarbonsäuren zu bezeichnen. Die Untersuchungen über das Tannin sind sehr umfangreich und gehen bis in das 18. Jahrhundert zurück. Bereits *Strecker* hatte es wahrscheinlich gemacht, daß das Tannin ein Glucosid sei, da er ca. 15—22 proz. Glucose darin nachweisen konnte. Von verschiedenen Forschern war die optische Aktivität des Tannins beobachtet worden. Von *K. Feist* war ein kristallisierendes Glucosid der Gallussäure aus türkischen Galläpfeln isoliert worden, dessen Natur aber noch nicht feststeht.

Die systematischen Untersuchungen *E. Fischers* und *Freudenburgs* gehen nun zunächst daraufhin, aus dem rohen Tannin einen einheitlichen Körper abzuscheiden, um festzustellen,

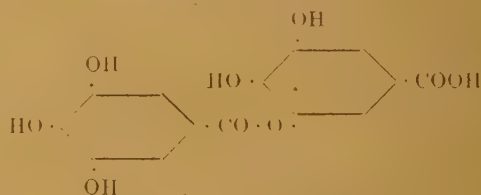
ob der Zucker nur eine Beimengung oder tatsächlich ein integrierender Bestandteil desselben sei. Es gelingt ihnen so nach einem Reinigungsverfahren ein Produkt zu gewinnen, welches genügende Kriterien der Einheitlichkeit anzeigt. Durch Hydrolyse dieses Tannins mit verdünnter Schwefelsäure ergibt sich der Glucosegehalt zu 8—10 Prozent. Daraus berechnet sich, daß das Tannin eine Verbindung von 1 Molekül Glucose mit 10 Molekülen Gallussäure ist. Da nun das Tannin kein Carboxyl enthält und die Glucose nur mit 5 Molekülen Gallussäure reagieren kann, so müssen die fünf anderen Moleküle Gallussäure mit den 5 an die Glucose gebundenen esterartig nach der Natur der Depside verkettet sein. Dem Tannin sollte demnach die Konstitution einer Pentadigalloylglucose zukommen:



Bis hierher ist die Sache verhältnismäßig einfach. Bei weiterer Prüfung ergeben sich aber Komplikationen. Erstens ist bekannt, daß die Glucoside der Glucose in zwei stereoisomeren Formen wie das α - und β -Methylglucosid auftreten können, sodann sind für die Verkettung der Gallussäuren zwei Möglichkeiten gegeben: das eine Molekül kann sich mit dem anderen durch das in Para- oder das in Meta-Stellung befindliche Phenolhydroxyl verknüpfen



p. Galloylgallussäure.



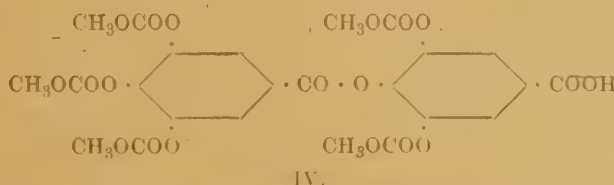
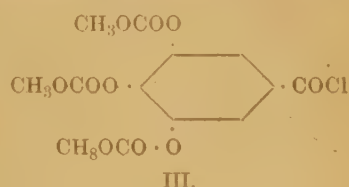
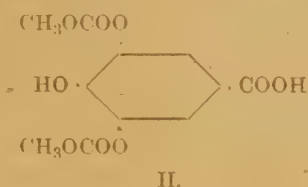
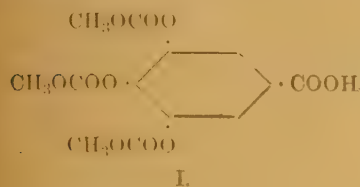
m. Galloylgallussäure.

Ein Anhaltspunkt, daß die letztere Verkettung im Tannin vorhanden ist, wird bei der Methylierung desselben mit Azomethan nach *Hertzog* gefunden. Bei der Spaltung der Pentamethylverbindung werden gewisse Mengen von m. Dimethylgallussäure beobachtet, die sich nur aus dem Vorliegen der m. Galloylgallussäure erklären lassen.

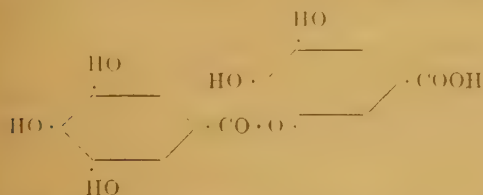
Eine weitere Entscheidung versucht *E. Fischer* durch die Totalsynthese zu erbringen, der sich naturgemäß bei der Kompliziertheit des Stoffes große Schwierigkeiten in den Weg stellen.

Hierzu wird zuerst die Synthese der *p.*-Galloylgallussäure in Angriff genommen.

Nach dem früher beschriebenen Verfahren wird Gallussäure in die Tricarboxymethylgallussäure I umgewandelt und diese durch partielle Verseifung in die Dicarboxymethylgallussäure II übergeführt. Das Natriumsalz dieses Körpers setzt sich dann mit dem Tricarboxymethylgallussäurechlorid III zu Pentacarbomethoxydigallussäure IV um.

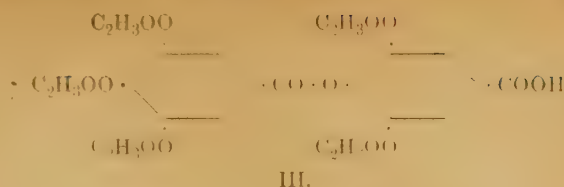
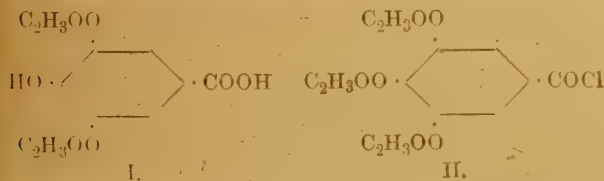


Bei der Verseifung dieser Verbindung muß nun eine Wanderung des einen Galloylkomplexes von der Para- in die Meta-Stellung erfolgen, denn man erhält hierbei die Metagalloylgallussäure



Dies läßt sich durch die Methylierung nachweisen, da die Pentamethylgalloylgallussäure bei der Hydrolyse in Trimethylgallussäure und *m.*-Dimethylgallussäure zerfällt. *Fischer* ändert nun das Verfahren und benutzt später nur noch die Acetylverbindung der Gallussäure, da sich die Acetyle leichter als die Carboxymethylgruppen aus den Galloylgallussäuren abspalten lassen.

Die Triacetyl-gallussäure läßt sich durch partielle Verseifung in die Diacetyl-gallussäure I umwandeln, welche sich in Form ihrer Natriumverbindung mit dem Triacetyl-gallussäurechlorid II zur Pentaacetyl-galloylgallussäure III umsetzt.



Durch Einwirkung der Chloride der Pentaacetylmeta- und para-Galloylgallussäure auf α - und β -Glucose werden dann 4 verschiedene Pentaacetyl-tannine gewonnen. Von diesen hat *Fischer* aber nur die Pentaacetyl-*m.* Digalloyl- α - und β -Glucose durch Abtrennung der Acetylgruppe mit Alkohol und Salzsäure dargestellt, da bei den

Paraverbindungen immer noch die Möglichkeit der Umlagerung in die Metaverbindungen besteht.

Diese Penta- (*m.*-Digalloyl-) α - und β -Glucosen besitzen untereinander und mit dem natürlichen Tannin die größte Ähnlichkeit. Ihr Molekulargewicht beträgt 1700. Andererseits kann aber nach *Fischers* eigenem Ausspruch von einer sicheren Identifizierung noch keine Rede sein, weil alle in Frage kommenden Stoffe amorph sind und deshalb das beste Zeichen der Einheitlichkeit vermissen lassen.

Ich lasse hier *Emil Fischers* Worte in seiner letzten großen Abhandlung¹⁾ Synthese von Depsiden usw. folgen, sie klingen heute wie ein Vermächtnis.

„Eine Entscheidung solcher Fragen ist leider mit den heutigen Hilfsmitteln nicht zu treffen. Selbst wenn es gelänge, aus chinesischem Tannin einen kristallisierten Stoff abzuscheiden, so wäre das aller Wahrscheinlichkeit nach immer nur ein Teil des gesamten Materials. Ihn könnte man dann allerdings als chemisches Individuum kennzeichnen und seine Struktur endgültig feststellen. Aber die übrigen Bestandteile des natürlichen Tannins, die nicht kristallisieren, blieben auch dann noch in ihrer chemischen Individualität unbekannt.

Meine Meinung geht dahin, daß es selbstverständlich die letzte Aufgabe des Chemikers ist, alle komplizierten Gemische organischer Substanzen, welche die Natur uns darbietet, in die einzelnen Bestandteile zu zerlegen und deren Struktur durch Analyse und

¹⁾ Ber. d. d. chem. Ges. 52, 809 (1919).

waren! *Emil Fischer* riß seine begeisterten Zuhörer mitten heraus aus ihrer Bewunderung dieser großen Tat, als er kühl, sachlich bemerkte, daß die in der Tafel wiedergegebenen Formeln nur einer Vorstellung entsprächen, die „man“ sich zurzeit von der räumlichen Anordnung der einzelnen Atomgruppen mache. Er zweifle nicht daran, daß man später diese Formeln durch andere ersetzen werde! *Emil Fischers* ganze Stellung zur Forschung läßt sich nicht besser klar legen, als durch diese Bemerkung. Ihm war jede Theorie etwas Vergänglichendes. Nur in den tatsächlichen Forschungsergebnissen, in den Früchten der experimentellen Forschung sah er das Bleibende.

Wie wenig *Emil Fischer* sich Theorien bogte, mag unter vielen das folgende Erlebnis erhärten. Als er *razemische Aminosäuren* mittels chemischer Methoden in ihre optisch-aktiven Komponenten zerlegte, ließ er gleichzeitig auch *Hipursäure*, die nach der Theorie unspaltbar sein mußte, mit aller Sorgfalt nach den gleichen Methoden behandeln!

Seinem Scharfblick entging nichts! Wie von selbst entsproßten aus jeder Arbeit neue Fragestellungen. Unvergeßlich ist mir immer geblieben, wie er Forschungen begann, und wie er sie beendete. Mit wenigen, klaren Worten war das gestellte Problem umschrieben. Mit einem Optimismus ohnegleichen wies der geniale Meister dem Schüler den Weg. Die gestellte Aufgabe mußte gelöst werden! An ein Scheitern einer Arbeit war gar nicht zu denken. Mit Begeisterung wurde ans Werk gegangen. Keine Schwierigkeiten waren zu groß. Sie wurden immer wieder überwunden. Glückstrahlend konnte dann verkündet werden, daß der große Wurf gelungen war. Die erwartete synthetische Verbindung war vorhanden oder das erwartete Produkt einer mühsamen Abbauarbeit gefunden. In dem Augenblicke wandte sich scheinbar das gütige Wohlwollen des unvergeßlichen Meisters vom Schüler. Er trat ihm fast feindlich als unerbittlicher Kritiker gegenüber! Alle Möglichkeiten wurden erschöpft, und nun begann erst eigentlich der schwierigste Teil der Arbeit. Es mußte bewiesen werden, daß das isolierte Produkt das gesuchte war. Eine gewaltige Geduldsarbeit für den Schüler, war er doch überzeugt, die richtige Verbindung in Händen zu haben! Unbegreiflich erschien es vielen, daß *Emil Fischer* nicht an den Erfolg glauben wollte! War dann der Beweis endgültig geführt, dann blühten dem jungen Mitforschenden die schönsten Augenblicke seines Lebens. Wenn *Emil Fischers* Augen dann gütig aufleuchteten und er Ausblick hielt über die Bedeutung des Befundes und beriet, wie nun die Arbeit weiter geführt werden sollte, dann schlug das Herz jedes Mitarbeiters höher. Wußte doch jeder, daß er, wenn auch nur im ganz Kleinen an einem gewaltigen Werke mitarbeiten durfte! Kühner Optimismus. Klarheit,

schärfste Selbstkritik, absolute Sachlichkeit, Festhalten an festgesetzten Zielen, das waren die hervorstechendsten Forschereigenschaften *Emil Fischers*.

Wie nahe er der Physiologie und im besonderen der physiologischen Chemie stand und darüber hinaus den verschiedensten Gebieten der Medizin, zeigt nicht nur der Umstand, daß er Gebiete bearbeitete, die die gesamten medizinischen Wissenschaften auf das engste berühren, vielmehr geht das auch aus jener Periode seines Lebens hervor, während der sein Institut mit einer großen Zahl von Medizinern aus aller Herren Länder bevölkert war. *Emil Fischer* hat mir oft erklärt, welche Freude es ihm bereite, mit diesen Medizinern über alle möglichen Fragen der medizinischen Forschung zu plaudern. Allen, die an diesen Gesprächen teilnehmen durften, werden sie unvergeßlich bleiben.

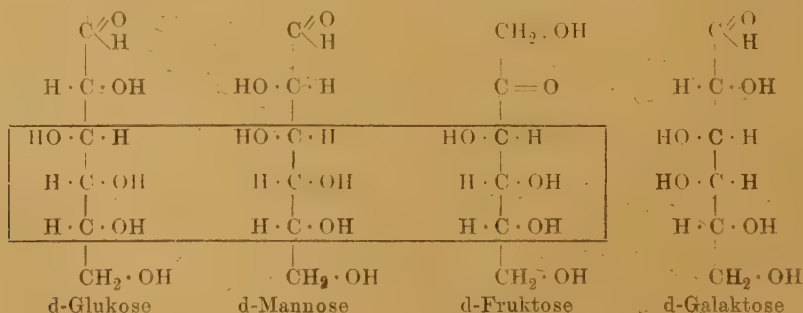
Das Lebenswerk *Emil Fischers*, soweit es uns hier beschäftigen soll, läßt sich an Hand der von ihm selbst herausgegebenen, gesammelten Arbeiten leicht verfolgen. Zurzeit sind drei große Bände erschienen. Der eine Band umfaßt die sämtlichen Arbeiten über *Aminosäuren*, *Polypeptide* und *Eiweißstoffe*, die bis zum Jahre 1906 erschienen waren. *Emil Fischer* hatte die Absicht, auch die später erschienenen Arbeiten zu sammeln und herauszugeben. Ein weiterer Band enthält alle Originalarbeiten über die *Puringruppe*. Auch hier schließt die Sammlung mit dem Jahre 1906 ab. Die neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Synthese von *Nukleinsäuren* sind nicht mit aufgenommen. Ein dritter Band vermittelt uns die Kenntnis mit allen Arbeiten, die bis 1908 über *Kohlehydrate* erschienen sind. In diesem Bande sind auch die so außerordentlich bedeutungsvollen Arbeiten über die *Spezifität der Fermentwirkungen* enthalten. *Emil Fischer* hat in den letzten Jahren seines Lebens die Kohlehydratchemie von neuem aufgenommen und eine Reihe hochbedeutsamer Ergebnisse gezeitigt. Es ist zu hoffen, daß die sämtlichen Arbeiten, die nach 1906 bzw. 1908 liegen und insbesondere auch die Forschungen über die *Gerbstoffe* in Bälde in Bandform zur Ausgabe gelangen.

Emil Fischer hat auf die Physiologie und alle mit ihr zusammenhängenden Gebiete vor allem in zwei Richtungen tief gehenden Einfluß ausgeübt. Auf der einen Seite hat er durch Schaffung eines großen, tief durchdachten und mit größtem experimentellen Geschick errungenen Tatsachenmaterials für eine große Zahl von Fragestellungen die Fundamente geliefert. Zahlreiche Stoffwechselfragen haben erst durch seine genialen Forschungen klare Fassung und weitgehende Beantwortung gefunden. Von speziellen Fragen seien nur hervorgehoben: der *Zucker-, Purin- und Eiweiß- bzw. Aminosäurestoffwechsel*. Auf der anderen Seite verdanken wir *Emil Fischer* — und das ist leider viel zu wenig bekannt —

Vorstellungskomplexe, die für gewaltige Forschungsgebiete richtunggebend geworden sind. Der klare Begriff der Spezifität, der spezifischen Wirkung, ist erst durch seine fundamentalen Arbeiten über die Beziehungen zwischen der Struktur und Konfiguration des Substrates und bestimmten Fermentwirkungen möglich geworden. Alle späteren Anschauungen über spezifische Einstellungen von Antitoxin auf Toxin, kurz die ganze Seitenkettentheorie nahm ohne jeden Zweifel ihren Ausgangspunkt von den genannten, so fruchtbaren Vorstellungen Emil Fischers. Es ist von höchstem Interesse, daß die letzte Arbeit, die eben jetzt als neuer Zeuge von Emil Fischers noch ganz ungebrochener Arbeitskraft und höchster geistiger Regsamkeit erschienen ist, sich wieder mit den grundlegenden Fragen der spezifischen Wirkung, und zwar speziell am Beispiel des Emulsins beschäftigt.

Beginnen wir mit einer Beleuchtung der zuletzt erwähnten Arbeitsrichtung. Hand in Hand mit der Durchdringung der Kohlehydratchemie mit den Vorstellungen *le Bels* und *van 't Hoff's* gingen Studien über die Spaltung bestimmter Glieder der Kohlehydratreihe mit verschiedener Konfiguration durch bestimmte Fermente bzw. Lösungen von solchen. Ein besonders dankbares Gebiet bieten zu solchen Studien die *Glukoside*.

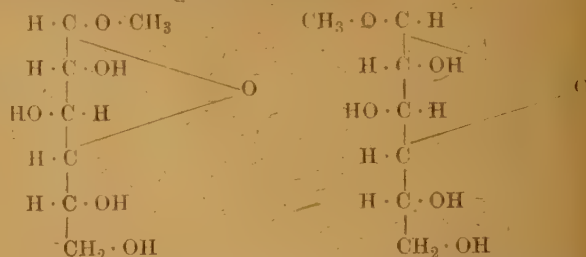
Emil Fischer wies zunächst darauf hin, daß die drei Monosaccharide *d-Glucose*, *d-Mannose* und *d-Fruktose* fast gleich schnell durch Hefe vergoren werden; dagegen wird die *d-Galaktose* schwer von ihr angegriffen. Vergleicht man die Konfiguration der drei zuerst genannten Zucker, so erkennt man ihre nahe Verwandtschaft. Vgl. den eingerahmten Teil der drei Formeln. Dies kommt bekanntlich auch in den engen chemischen Beziehungen der drei Zuckerarten zum Ausdruck. Die *d-Galaktose* steht dagegen ganz abseits:



Zum Studium der Spaltung von Glukosiden diente zunächst das aus bitteren Mandeln gewonnene *Emulsin*. Es spaltet leicht die β -Verbindungen der *d-Reihe*, dagegen nicht die α -Glukoside. Diese werden von aus Bierhefe gewonnenen Fermenten — *Maltase* — glatt zerlegt. Umgekehrt greift *Maltase* keine β -Glukoside an.

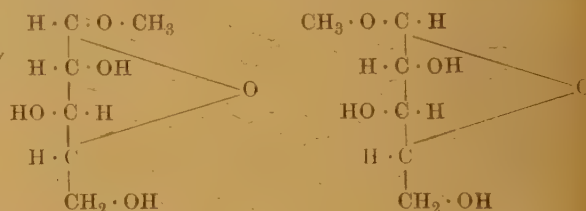
Emil Fischer stieß auf die beiden Reihen von Glukosiden, als er Aldosen mit ganz schwach alkoholischer Salzsäure erhitzte. Es bildeten sich zwei ohne Zweifel stereoisomere Glukoside. Er

stellte für die beiden Methylderivate des Traubenzuckers die folgenden Formeln auf:



Die beiden entsprechenden Methylderivate der *l-Glucose*, d. h. das α - und β -Methyl-*l-Glukosid*, werden weder von *Emulsin* noch von *Maltase* angegriffen.

Überraschend war der Befund, daß die den *d-Methylglukosiden* so nahestehenden α - β -Methylxyloside ebenfalls von den genannten Fermentarten nicht angegriffen werden. Die nahe Verwandtschaft zeigt ein Blick auf folgende Formeln:



Emil Fischer lehrte uns die Fermente als die feinsten Reagentien auf feinste Struktur- und Konfigurationsunterschiede kennen. Es gibt kaum einen höheren Genuß, als seinen eigenen Worten zu folgen und an ihrer Hand in die Tiefe der ganzen Probleme einzudringen. Mit welcher großer Sorgfalt zieht Emil Fischer überall eine scharfe, klare Linie zwischen Tatsachen und Theorie! Welche Fülle von Problemen birgt jene auch in den erwähnten, gesammelten Ab-

handlungen erschienene Arbeit (*Zeitschrift für physiol. Chemie*, 26, 60, 1898)! Und doch ist jeder Ausblick immer scharf umgrenzt von Bemerkungen, die aufmerksam machen, was alles noch fehlt, um weitere Schlußfolgerungen als gesichert hinzustellen. Der Umstand, daß wir die Fermente als solche nicht kennen, sondern ihre Gegenwart nur aus ihren Wirkungen erschließen können, wirkt auch heute noch hemmend bei vielen Forschungen auf diesem Gebiete. Emil Fischer hat immer wieder in aller Stille

Versuche angestellt, um der Fermentnatur näher zu kommen. Die Synthese der Fermente lockte ihn mächtig! Doch waren die Anhaltspunkte zu dürftig, um ein erfolgreiches Vorgehen zu ermöglichen. Heute wissen wir auch, daß der physikalische Zustand der Fermente eine ausschlaggebende Rolle spielt. Ferner ist immer mehr erkannt worden, daß bei allen Versuchen über Fermentwirkungen der Reaktion des Milieus, in dem die Fermente wirken sollen, die allergrößte Aufmerksamkeit zu schenken ist. Erst mit der Einführung der sogenannten Puffer konnten einheitliche vergleichbare Resultate erzielt werden. *Emil Fischer* hat in seiner oben schon erwähnten, letzten Arbeit auf diesem Gebiete von ihnen Gebrauch gemacht (Zeitschr. für physiol. Chemie, 107, 176, 1919).

Ein reiches Material zu Studien auf dem Gebiete der Wechselbeziehungen zwischen Ferment und Substrat ergaben die von *Emil Fischer* synthetisch gewonnenen Polypeptide. Es zeigte sich, daß nur solche von peptolytischen Fermenten zerlegt werden, die aus Bausteinen bestehen, die in der Natur vorkommen. Beteiligt man am Aufbau von Polypeptiden Aminosäuren, die den im Eiweiß gebundenen optisch-aktiven Formen von solchen nicht entsprechen, dann bleibt ein solches Produkt unangegriffen.

Der Einfluß der erwähnten Studien wird noch viele Jahrzehnte nachwirken. Ich zweifle nicht daran, daß man dazu kommen wird, Fermentlösungen als feinste Reagentien auf feinste Struktur- und Konfigurationsunterschiede von unbekannten Substraten im Laboratorium ganz allgemein anzuwenden. Ein Beispiel dieser Art der Verwendung von Fermentlösungen war die Aufklärung der Struktur der beiden durch Synthese erhaltenen, racemischen Dipeptide Alanyl-leuzin. Sie waren aus racemischem Material aufgebaut worden. Die beiden, sich durch ihre physikalischen Eigenschaften auszeichnenden Körper wurden als A- und B-Körper bezeichnet. Es blieb vom Standpunkt des reinen Chemikers nur übrig, die im dl-Alanyl-dl-leuzin enthaltenen optisch-aktiven Dipeptide darzustellen und dann je zwei Paare davon zu einem Racemkörper zu vereinigen und dann zu bestimmen, welchem Dipeptid der Körper A und welchem die Verbindung B entspricht. Es würden darzustellen sein: d-Alanyl-l-leuzin; l-Alanyl-d-leuzin; d-Alanyl-d-leuzin; l-Alanyl-l-leuzin.

Jeder, der praktisch mit der Synthese von optisch-aktiven Polypeptiden beschäftigt war, weiß, daß eine Arbeit von Wochen notwendig ist, um die erwähnten Verbindungen darzustellen. Mittels Fermenten ließ sich in wenigen Stunden ganz genau aussagen, welche Struktur der Körper A und damit der Körper B hat. Es zeigte sich, daß die eine Verbindung gespalten wurde, während die andere widerstand! Daraus durfte geschlossen werden, daß nur die eine von beiden die in der Natur vorkommenden optisch-aktiven

Aminosäuren zu einem Dipeptid vereinigt enthalten konnte, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

Der eine Racemkörper mußte sein: d-Alanyl-l-leuzin + l-Alanyl-d-leuzin und der andere: d-Alanyl-d-leuzin + l-Alanyl-l-leuzin. In der Natur kommen nun die Aminosäuren Alanin und Leuzin nur in einer bestimmten, immer wiederkehrenden optisch-aktiven Form vor, nämlich von der ersteren Verbindung die d- und von der letzteren die l-Form. Die erste von den angeführten racemischen Verbindungen enthält die Kombination d-Alanyl-l-leuzin. Dieses Dipeptid wird von Pankreas- oder Darmsaft oder Hefepreßsaft leicht gespalten. Alle übrigen Dipeptide widerstehen der Zerlegung! Somit mußte das asymmetrisch spaltbare racemische Dipeptid die Struktur d-Alanyl-l-leuzin + l-Alanyl-d-leuzin haben. Bei der Fermentwirkung entstehen die Aminosäuren d-Alanin und l-leuzin und das optisch-aktive Dipeptid l-Alanyl-d-leuzin.

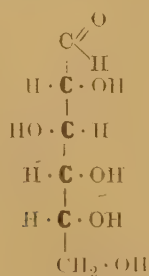
Auf den durch *Emil Fischer* geschaffenen Fundamenten sind in der Folgezeit zahlreiche Forschungen aufgebaut worden. Seine Ideen werden weiter fruchtbar bleiben und noch vielen wichtigen Ergebnissen die Bahn öffnen.

Wenn wir uns zu den Forschungen *Emil Fischers* begeben, die unsere ganzen Vorstellungen über den Ablauf des Stoffwechsels bestimmter Klassen von Nahrungsstoffen tief beeinflußt, ja vielfach schöpferisch befruchtet haben, so bliebe, wenn wir dem großen Forscher gerecht werden wollten, nichts anderes übrig, als ein Lehrbuch der physiologischen Chemie hier anzureihen! Ich darf wohl zum Ausdruck bringen, daß das von mir verfaßte Lehrbuch fast Seite für Seite von irgend einer Beziehung zu *Emil Fischers* Forschungen spricht. Wollen wir *Emil Fischers* tief gehenden Einfluß auf unsere ganzen Vorstellungen über den Ablauf der Stoffwechselvorgänge mit kurzen Worten klarlegen, dann läßt sich folgendes hervorheben. Vor *Emil Fischer* wußten wir im allgemeinen nur mit Sicherheit, welche Stoffwechselendprodukte aus den einzelnen Nahrungsstoffen hervorgehen. Es fehlte jedoch fast jeder Einblick in die ganzen Umwandlungen, die jeder einzelne Nahrungsstoff in jedem Organismus durchzumachen hat, ehe sie vollständig abgebaut sind und ihre Rolle im Zellstaate ausgespielt haben. Unser vornehmstes Ziel ist jetzt, ein möglichst lückenloses Bild des Abbaus der Kohlehydrate, der Fette, der Eiweißstoffe und ihrer Bausteine zu gewinnen. Ohne *Emil Fischers* Forschungen würde unser Einblick in die Vorgänge des eigentlichen Zellstoffwechsels höchst dürftig sein. Überall da, wo eine Verbindung, die im Stoffwechsel eine Rolle spielt, restlos aufgeklärt ist, beginnt ein klares Sehen. Man erkennt Wechselbeziehungen zu anderen Verbindungen und weiß auf einmal, welche Wege zu ihr geführt haben können, und welche Eingriffe notwendig sind, um sie zu

weiteren bekannten Verbindungen ab- oder aufzubauen. Zahlreiche Theorien fallen jeder klaren Erkenntnis zum Opfer! Was mit vielen Worten und Umschreibungen gesagt werden mußte, läßt sich jetzt oft mit einem Satz klar zum Ausdruck bringen.

Emil Fischer eröffnete seine wissenschaftliche Tätigkeit mit einer Entdeckung von weittragender Bedeutung. Sie betrifft die Base *Phenylhydrazin*. Ohne diese Verbindung wäre es nicht möglich gewesen, in der Aufklärung des Aufbaus der verschiedenen Zuckerarten so erfolgreich und rasch vorzudringen! Das Phenylhydrazin wurde in der Hand *Emil Fischers* der Pfadfinder in der Kohlehydratchemie. Die *Osazone* mit ihren prächtigen Eigenschaften sind jedem physiologischen Chemiker vertraut. Die Zucker selbst kristallisieren im allgemeinen schwer. Oft kann man sie als Sirupe wochen- und monatelang stehen haben, bis sich Kristalle zeigen und selbst dann ist es oft sehr schwer, sie von der anhängenden, zähen Mutterlauge zu trennen. Die *Osazone* dagegen kristallisieren leicht und sind fast durchweg schwer löslich. Es gibt auch heute noch kein Mittel, das zur Erkennung bestimmter Zuckerarten besser geeignet wäre, als die *Osazone*.

Wie schon erwähnt, hat *Emil Fischer* nicht nur die Struktur der wichtigsten Kohlehydratreihe, nämlich der Hexosen, aufgeklärt, sondern für alle Glieder auch die zugehörigen Konfigurationsformeln entworfen. Aus ihnen lassen sich die Beziehungen der einzelnen Glieder der Hexosenreihe leicht erkennen und auch ihre Unterschiede. Die *Le Bel-van 't Hoff'sche* Regel verlangt nicht weniger als 16 verschiedene Aldohexosen, denn diese besitzen vier asymmetrische Kohlenstoffatome (fett gedruckte C-Atome in der folgenden Formel):



Von diesen 16 Formen sind nicht weniger als vierzehn zurzeit bekannt! Gewiß ein großer Triumph der Theorie und Praxis!

Besonders wichtig sind auch *Emil Fischers* Studien über die Synthese von kohlenstoffreichen Zuckern aus an kohlenstoffärmeren geworden. Mittels der Cyanhydrinsynthese ist er bis zu Nonosen gelangt. Noch oft wurde im Fischerschen Laboratorium der Zeiten gedacht, während derer er im Großbetrieb Materialien zu diesen Synthesen herstellen ließ. In gewaltigen Flaschen wurde mit Natriumamalgam reduziert.

Kräftige Dienstmänner schüttelten die Flaschen im Fabrikraum. Bei manchem soll das Interesse an der Arbeit bald erlahmt sein, ja es soll dem einen davon, vom Schläfe übermannt, die Flasche mit dem so kostbaren Inhalt entrollt sein. *Fischer* soll seiner Entrüstung gründlich Luft gemacht haben. Die „alten“ Herren im Institut erzählten überhaupt Wunderdinge über die Energie, mit der *Emil Fischer* in der Kohlehydrat- und insbesondere in der Purinzeit seine Assistenten, Doktoranden und Mitarbeiter zur Arbeit anspornte. Es war nicht leicht, *Emil Fischers* Ansprüche, was Qualität und Quantität der Arbeit anbetraf, zufrieden zu stellen. Ich kannte *Emil Fischer* nur aus der Aminosäure- und Polypeptidzeit. Er war viel milder geworden. Er verlangte immer noch sehr viel von allen, die mit ihm zusammen arbeiten durften. Er bewies jedoch viel Geduld.

Emil Fischer lehrte uns nicht nur die einfachen Zucker in ihrer Struktur und Konfiguration kennen, er vermittelte uns auch die Kenntnisse über die mögliche Struktur der bekanntesten Disaccharide. Von grundlegender Bedeutung wurden auch seine Forschungen über den Aufbau der *Glukuronsäure*, jene der Glukose so nahe stehende Säure. Von großer Bedeutung wurden auch die Studien über die Struktur des *Glukosamins*, des Bausteins des *Chitins* und der *Mucine*. Auch dieses steht der Glukose sehr nahe.

Ein gewaltiges Forschungsgebiet, das fast keine Grenzen besitzt, umfaßt die Glukoside. *Emil Fischer* hat in genialer Weise ein Fundament geschaffen, auf dem noch jahrzehntelang weiter geforscht werden kann. Wir haben schon weiter oben erwähnt, daß die Glukoside sich in eine α - und eine β -Reihe einteilen lassen. In der Folge hat *Emil Fischer* eine ganze Reihe von Glukosiden in ihrer Zusammensetzung und Struktur aufgeklärt und auch manche glückliche Synthese in dieser Reihe durchgeführt. Es sei z. B. an das *Amygdalin* und das *Phlorhyzin* erinnert.

In diesem Zusammenhange sei noch darauf hingewiesen, daß *Emil Fischer* in den letzten Jahren sich wieder ganz dem Kohlehydratgebiet zugewandt hat. Eine wichtige Arbeit folgte der anderen. Für unser Gebiet von besonderer Wichtigkeit wurde die Entdeckung der Gruppe des *Glukals*. Diese zeichnet sich dadurch aus, daß ihre Angehörigen eine Aldehydgruppe besitzen, ferner einen Furanring aufweisen und sehr leicht mit Säuren und Alkalien verharzen. Sie besitzen die empirische Formel $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$. Es hat allen Anschein, als ob die Kohlehydratgruppe mancher Nukleinsäuren der Glukalgruppe sehr nahe steht. In anderen ist bekanntlich die Aldopentose δ -Ribose aufgefunden worden.

Um die Ergebnisse der Forschungen *Emil Fischers* gruppieren sich nun unsere ganzen Vor-

stellungen über den Kohlehydratstoffwechsel. Ohne sie wäre es uns ganz unmöglich, die Beziehungen zwischen Glukose, Galaktose, Fruktose zu knüpfen und zur Glukuronsäure. Ferner könnten wir die Abbaustufen der Glukose nicht in Zusammenhang mit dieser bringen. Vor allen Dingen wären wir ganz hilflos, wenn wir uns eine Vorstellung über die Vorgänge bei der Umwandlung von Zucker in Fett und von bestimmten Aminosäuren in Zucker machen sollten. Ungemein fruchtbare Fragestellungen gliederten sich an jede Entdeckung *Emil Fischers*, angefangen beim Problem der Einzelvorgänge bei der alkoholischen Gärung bis zu den tiefsten Fragen bei den Störungen des Kohlehydratstoffwechsels und insbesondere beim Diabetes mellitus. Noch in den letzten Jahren beschäftigte *Emil Fischer* das Problem, einen Ersatz für Traubenzucker für den Diabetiker in Form eines Kohlehydrates zu schaffen, das von seinen Zellen abaufähig sein sollte.

Emil Fischers Name würde schon unsterblich sein, wenn er weiter nichts vollbracht hätte, als die fundamental wichtige Synthese einer Hexose aus Formaldehyd! Sie erweckte gewaltiges Aufsehen! Wohl hatten schon vor ihm andere Forscher versucht, durch Aufbau zu einem Kohlehydrat und speziell zu einer Hexose zu gelangen. Der Beweis, daß diese Synthese gelungen war, wurde jedoch nicht einwandfrei geführt. Erst die Darstellung der Aldohexose *Akrose* löste das Problem der Synthese einer Hexose. *Emil Fischer* ist immer wieder angegriffen und der Versuch gemacht worden, zu bestreiten, daß ihm der Ruhm zukomme, diese Großtat zuerst vollbracht zu haben. Ein Blick in die in Frage kommenden Arbeiten gibt volle Klarheit. Die von *Emil Fischer* durchgeführte Synthese hat dadurch noch besondere Bedeutung erlangt, daß immer mehr klar erkannt worden ist, daß die Lehre seines Lehrers und Freundes *Baeyer*, wonach die Blattgrün führenden Pflanzen bei der Bildung von Kohlehydraten vom gleichen Ausgangsmaterial ausgehen, richtig ist. Als erstes Assimilationsprodukt ist wohl jetzt das Formaldehyd klar erwiesen.

Emil Fischer lehrte bei diesen Synthesen auch die *Glyzerose* kennen, eine Triose, die sicherlich als Zwischenglied im Zellstoffwechsel eine Rolle spielt, wie sich denn immer mehr gezeigt hat, daß den Verbindungen der Dreikohlenstoffreihe eine ganz besondere Bedeutung als Übergangs- und Durchgangsstufen beim Umbau verschiedenartiger Verbindungen zukommt.

Wohl am bewundernswertesten sind, wenn man die Arbeiten auf ihre experimentellen Schwierigkeiten hin ansieht, die Forschungen in der Reihe der Puringruppe. *Emil Fischer* beseitigte alle Unklarheiten auf diesem Gebiet. Er stellte das Purin dar und synthetisierte eine ganze Reihe von Purinderivaten. So wurde bald die Struktur der bekannten Purinbasen: *Adenin*, *Gua-*

anin, *Hypoxanthin*, *Xanthin* und der Harnsäure klargestellt und ferner all der bekannten methylierten Xanthinabkömmlinge, wie des *Koffeins*, des *Theophyllins*, des *Theobromins* usw. Diese Forschungen übten einen tiefgehenden Einfluß auf unsere Vorstellungen über den Purinstoffwechsel aus. Wenn wir heute den Abbau der Purinbasen bis zur Harnsäure und zum Allantoin lückenlos klar übersehen können, so verdanken wir das *Emil Fischer*. Er hat uns auch die Struktur der *Pyrimidinbasen*, der anderen stickstoffhaltigen Bausteine der Nukleinsäuren kennen gelehrt. In neuerer Zeit hat *Emil Fischer* mit Erfolg die Synthese von *Nukleosiden* und von *Nukleotiden* in Angriff genommen. Noch wenige Wochen vor seinem Tode sprach er mir von Plänen über weitere Vorstöße auf diesem ganz besonders schwierigen Gebiete. Sein strahlendes Auge leuchtete erfolgsicher. Er sah den ganzen Gang der Arbeit klar vor sich. Er erhoffte in den nächsten Jahren im wesentlichen die Struktur der Nukleinsäuren klargestellt zu haben.

Besonders klar und deutlich zeigt die Art, wie *Emil Fischer* große Probleme anpackte, die Art und Weise, wie er an die Frage der Struktur der Eiweißkörper heranging. Er begann mit Studien über die Eigenschaften aller bekannten Bausteine. Er stellte charakteristische Derivate von ihnen her. Fast alle wurden synthetisch dargestellt und dann die erhaltenen *Razemkörper* in ihre optisch-aktiven Komponenten zerlegt. Erst nachdem diese unentbehrliche Grundlage gelegt war, begab sich *Emil Fischer* an die Lösung der Frage nach dem Gehalt der verschiedenartigen Proteine an einzelnen Aminosäuren. Er mühte sich nicht mit den alten Methoden der Isolierung von Aminosäuren ab, sondern schuf sofort eine neue Methode. Er hatte beim Studium der Ester der Monoaminosäuren festgestellt, daß diese Flüssigkeiten sind, die sich bei stark vermindertem Druck leicht unzersetzt destillieren lassen. Die Siedepunkte der einzelnen Aminosäureester liegen zum Teil genügend weit auseinander, um wenigstens immer zwei bis drei Ester in gemeinsamer Fraktion abtrennen zu können. Durch Verseifung der Ester lassen sich ganz glatt die Aminosäuren selbst zurückgewinnen.

Diese Feststellungen gaben die Grundlage für die sogenannte *Estermethode* zur Isolierung der einzelnen Monoaminosäuren ab. Es war eine schöne Zeit, als im Fischerschen Institute Eiweißkörper um Eiweißkörper nach der erwähnten Methode auf ihre Bausteine untersucht wurde. *Emil Fischer* entdeckte auf den ersten Anhieb die *Pyrrolidinkarbonsäure* (*Prolin*) und die *Oxy-pyrrolidinkarbonsäure* (*Oxyprolin*). Ferner wurde die außerordentlich wichtige Tatsache festgestellt, daß die verschiedenartigsten Proteine die gleichen Aminosäuren lieferten, wenn man sie bis zu ihren Bausteinen abbaute. Wohl fehlte der eine oder andere Baustein manchmal. Die allgemeine Verbreitung gewisser, schon bekannter Bausteine,

Umlagerungen die Schärfe der Ergebnisse beeinträchtigten. *Emil Fischer* „fühlte“, wie die Zusammenhänge waren. Er hatte die räumliche Anordnung der Atome um das asymmetrische Kohlenstoffatom klar vor Augen. Er hat jedoch als gewissenhafter Forscher das ganze Forschungsgebiet als nicht abgeschlossen betrachtet und nicht den geringsten Zweifel darüber gelassen, daß eindeutige Beweise für bestimmte Zusammenhänge fehlten.

Mittels der Verwendung von Halogenacylverbindungen ließen sich die Polypeptidketten immer nur von der einen Stelle aus verlängern. *Emil Fischer* ruhte nicht, bis er auch hier neue Möglichkeiten gefunden hatte. Es gelang ihm, Aminosäuren und auch Polypeptide zu chlorieren. Mancher Versuch war mißglückt, bis die richtigen Bedingungen gefunden waren. Nun ging der Aufbau von Polypeptidketten rasch von statten. *Der Aufbau eines aus 18 Aminosäuren bestehenden Polypeptids krönte das ganze Werk.*

Es ist hier nicht der Ort, tiefer in das ganze Gebiet der Polypeptidsynthesen einzudringen. *Emil Fischer* hat selbst seine Errungenschaften in der ihm eigenen, höchst anziehenden und so klaren Art dargestellt. Es gibt nicht leicht ein Forschungsgebiet, das in so mannigfaltiger Beziehung Interesse weckt, wie gerade dieses.

Bald wurde erkannt, daß ein großer Teil der synthetisch gewonnenen Polypeptide sich durch Pankreas- und Darmsaft und auch Organpressäfte abbauen lassen. Razemische Aminosäuren wurden asymmetrisch gespalten. Immer blieb der Anteil des Razemkörpers übrig, der die in der Natur nicht vorkommenden optisch-aktiven Komponenten enthielt. Ich werde den Tag nicht vergessen, an dem der erste Versuch dieser Art angesetzt wurde. Die Fermente sollten entscheiden, ob der eingeschlagene Weg der richtige war. Sie sollten beweisen, ob im Eiweißmolekül Aminosäuren säureamidartig untereinander verknüpft sind. Der Triumph war groß, als die Spaltung durch peptolytische Fermente erwiesen war.

Diese Fermentversuche sind in mannigfaltiger Weise ausgebaut worden. Es galt in allen Geweben der verschiedensten Organismen nach Fermenten zu fahnden, die Polypeptide spalten können.

Das Hauptziel blieb, an Hand synthetisch erhaltener Polypeptide zu Methoden zu gelangen, die es ermöglichten, unter den Spaltungsprodukten von nur teilweise zerlegten Proteinen Verbindungen einheitlicher Natur zu isolieren, die noch mehrere Aminosäuren gebunden enthielten. Der Erfolg war nicht leicht! Immer wieder wurde versucht, Polypeptide als Abbaustufen von Eiweißstoffen nachzuweisen. Es wollte nicht glücken.

In jener Zeit hatte *Emil Fischer* mit von Mering das Veronal entdeckt. Dieses jetzt wohl populärste Schlafmittel sollte ihm verhängnisvoll werden! Hatte ihm die Entdeckung

des Phenylhydrazins eine schwere Intoxikation gebracht, deren Folgen er nie ganz überwand, so stellte sich bei ihm — gerade als ob die Natur sich an ihm dafür rächen wollte, daß er ihr manches Geheimnis entriß — eine fast nicht zu überwindende Schlaflosigkeit ein! Er mußte fast ein halbes Jahr ausspannen. In jene Zeit fiel die Gewinnung des ersten Dipeptids, d. h. seines Anhydrids, aus den Spaltprodukten eines Eiweißkörpers, nämlich der Seide. Ich werde die Stunde nie vergessen, als ich ihm die ersten Kristalle in guter Ausbeute zeigen durfte. Seine Freude war groß. Nun war eindeutig bewiesen, daß im Eiweiß säureamidartig verknüpfte Aminosäuren vorhanden waren. In der Folge wurden dann noch eine ganze Reihe von Dipeptiden, ja sogar ein Tetrapeptid aus dem Gemisch einer partiellen Hydrolyse von Proteinen isoliert.

Mit dieser Feststellung war das Hauptziel von *Emil Fischers* Forschungen auf diesem Gebiete erreicht. Ein weiterer Ausbau lockte ihn nicht. Der Grund war gelegt. Nun mochten andere mit den gegebenen Methoden weiter forschen und die Fülle von Kleinarbeit leisten, die nun noch notwendig ist, um weitere Ergebnisse zu zeitigen. *Emil Fischer* suchte einen Wechsel des Forschungsgebietes und begann mit steigendem Erfolge das wichtige Gebiet der Gerbstoffe zu bearbeiten. Viele Forscher hatten ihre Zusammensetzung studiert, ohne daß es gelungen wäre, sie zu ergründen. Ihm war es vorbehalten, auch hier in vieler Beziehung Klarheit zu verbreiten. Er erkannte in den Gerbstoffen Glukoside der Gallussäure. Die Synthese führte zu Produkten, die dem Tannin schon sehr nahe standen. Er hat in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft (Jg. 52, Seite 809 [1919]) über die wichtigsten Resultate seiner Forschungen auf diesem Gebiete unter Einschluß der Flechtenstoffe zusammenfassend berichtet.

Es wäre nicht in *Emil Fischers* Sinn, wenn ich sein Werk als ganz für sich dastehend schildern würde. Er hat selbstverständlich auch auf Ergebnissen anderer weiter gebaut und das niemals verkannt. Wenn ich niemanden genannt habe und auch nicht erwähne, wer mit ihm zusammen gearbeitet hat, so geschieht das deshalb, weil die Zahl derer, die zu nennen wären, eine viel zu große ist. *Emil Fischer* vereinigte um sich immer eine große Zahl von Assistenten und Mitarbeitern. Er wählte sie sich zum größten Teil selbst aus der großen Zahl der in seinem Laboratorium Beschäftigten aus. Es galt stets als eine besondere Auszeichnung, von ihm als Doktorand ausgewählt zu werden. Die fähigsten Doktoranden wurden später seine Assistenten. Er war ein Meister der Organisation der Forschungsarbeit. Er kannte seine Leute und strebte darnach, jeden an den Ort zu stellen, an dem er die größten Leistungen vollbringen konnte.

Emil Fischer hat der Medizin mehrere wert-

volle *Arzneimittel* geschenkt. Des *Veronals* haben wir schon gedacht. Zu erwähnen wäre noch das *Sajodin*. Dieser Verbindung lag der Gedanke zugrunde, ein Jodpräparat zu schaffen, das seinen Jodvorrat nicht plötzlich, sondern allmählich im Körper zur Verfügung stellte. *Emil Fischer* hat sich bemüht, Mittel zu schaffen, um die *Karzinomzellen* zu schädigen, ohne ihren Träger zu benachteiligen. Er hat viel Mühe und Zeit auf dieses Problem verwandt. Seine Versuche waren noch im Gange. Lebhaft interessierte er sich immer für die *Therapie des Diabetes*. Ihm schwebte die Schaffung eines Zuckerderivates vor, das dem Traubenzucker möglichst ähnliche Eigenschaften haben und vom Diabetiker abgebaut werden sollte.

Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß er sich während des Krieges sehr intensiv mit der Frage der Schaffung von *Ersatzfuttermitteln* für Pferd und Rind beschäftigt hat. Er versuchte, die beste Methode zum Aufschließen von Stroh zu finden. Auch auf diesem Gebiete hatte er Erfolge.

Emil Fischer hat uns in der allergrößten Not verlassen. Mitten aus erfolgreichster Forscherarbeit ist er abgerufen worden. Wir wissen mit Bestimmtheit, daß er uns noch weite Strecken erfolgreich geführt hätte. Er hatte Großes vor. Jugendfrisch griff er neue Pläne auf. Sein Auge leuchtete so hell, wie nur je. Nun müssen

wir seiner entraten. Sein Rat und seine Tat fehlen uns überall. Verwaist steht die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft! Ihre Institute werden stets besonders augenfällig von *Emil Fischers* Bedeutung für die gesamte Biologie künden. Er ist in seiner Eigenart unersetzbar. Er hinterläßt eine Lücke, die in späteren Zeiten noch viel fühlbarer sein wird als jetzt. Ihm selbst ist der leichte Tod, den er mitten aus seiner Arbeit heraus gefunden hat, zu gönnen. Ihn bedrückte der Zusammenbruch Deutschlands mehr, als er erkennen ließ. Groß war seine Sorge um die Zukunft der deutschen Wissenschaft. Die Ereignisse der letzten Zeit im Verein mit körperlichen Leiden hatten ihn in den letzten Tagen vor seinem Ableben so stark niedergedrückt, daß er um seine Entlassung eingekommen war. Gewiß hätte er nach Überwindung der Zeit der Depression wieder erneut mit Feuereifer seine Pläne aufgenommen. Ein gütiges Geschick hat ihn erlöst, bevor seine Leiden seine Frohnatur vollends niederdrückten.

Fast jede Stunde des Unterrichts in Physiologie und Chemie verkündet *Emil Fischers* unsterbliche Verdienste um die Wissenschaft! Sein Werk wird aus sich selbst fortleben und immer wieder Neues schaffen. Die Anregungen, die er uns durch seine Arbeiten gegeben hat, werden fortwirken und ihre Wirkung noch nach vielen Jahrzehnten zeigen.

Emil Fischers Tätigkeit während des Krieges.

Von Geh.-Rat Dr. A. v. Weinberg, Frankfurt a. M.

Neue Aufgaben beschäftigten den Geist des großen Forschers, als ungeahnt das bedrohte Deutschland zu den Waffen gerufen wurde. Arbeiten auf dem Gebiet der *Proteine* und *Nukleinsäuren* sowie die wissenschaftliche Erforschung der *Zellulose* standen auf dem Arbeitsplan. Aber rasch leerte sich die Stätte, an der sonst 15—20 jüngere Chemiker die Gedanken des Leiters zu verwirklichen suchten; nur wenige Hilfskräfte blieben zur Verfügung, und auch diese mußten bald bei der Bearbeitung von Problemen mithelfen, die der Krieg nur zu zahlreich brachte. Eine große Zahl wertvoller theoretischer Arbeiten sind trotzdem in den letzten Jahren aus *Fischers* Laboratorium hervorgegangen. In hervorragender Weise unterstützt wurde *Fischer* bei seiner so vielseitigen Tätigkeit durch seinen Assistenten *M. Bergmann*.

Technische und besonders chemische Vorarbeiten für einen Krieg waren in Deutschland nicht getroffen. Wir waren vor allem ohne die wichtigsten Hilfsstoffe. Hätte nicht chemische Hilfe rasch eingesetzt, so wären wir schon Anfang 1915 am Ende unserer Munitionsbeschaffung angelangt gewesen. Man mag heute sagen, daß der

Zwang, den Krieg rasch zu beenden, vielleicht ein Glück gewesen wäre, aber der wahrscheinliche Einfall feindlicher Heere in Deutschland wäre, wie man an Ostpreußen sieht, fast noch schrecklicher gewesen, als der schließliche Zusammenbruch weit in Feindesland nach heldenhafter Verteidigung.

Der *Salpetermangel* war die erste drohende Gefahr. *Fischer* erkannte sofort, daß hier die Salpeterherstellung durch Oxydation des Stickstoffs mittels elektrischer Entladung nicht ausreichend Abhilfe schaffen könne, und daß die Oxydation von Ammoniak gefördert werden müsse. Dabei kamen zwei Umstände zu Hilfe, die begonnene synthetische Fabrikation von Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff nach der Methode von *Haber* und *Bosch* in Ludwigshafen und die Salpetersäure (Kontaktverfahren) nach *Ostwald*, das in dem Werk der Zeche Lothringen in Gerthe ausgearbeitet war. Schon am 1. Oktober 1914 reichte *Fischer* dem Kriegsministerium ein eingehendes Gutachten ein, nachdem er sich vorher an Ort und Stelle über die Möglichkeit der Vermehrung der NH_3 -Erzeugung in den Kokereien überzeugt hatte. Bei einem Besuche in Essen am

22. September 1914 hatte *Fischer* alle führenden Männer aus Rheinland-Westfalen versammelt, um den Ernst der Lage zu schildern und zu sofortigen technischen Maßnahmen aufzufordern. Seine begeisterte Rede bringt ihm einen scharfen Tadel des Generalkommandos Münster ein, da der nichtsahnende Kommandeur meinte, daß die Materialbeschaffung doch ausreichend vorgesehen sein mußte. *Fischer* entschuldigt sich und schließt nach sachlichen Darlegungen mit den Worten:

„Ich habe den Vortrag in Essen wahrhaftig nicht aus Leichtfertigkeit oder Redseligkeit gehalten, sondern gezwungen durch die Verhältnisse und geleitet durch die Überzeugung, daß man nicht aus Ängstlichkeit Schwierigkeiten verschweigen kann, zu deren Beseitigung man die Mithilfe einer großen Industrie aufrufen will.“

Aber der Abschluß der Verträge verzögerte sich. In einem Brief an *Haber* schreibt *Fischer* am 20. Oktober 1914:

„So anerkennenswert auch die Bemühungen des Kriegsministeriums sind, billig zurecht zu kommen, so sehr ist der dadurch bedingte Zeitverlust zu beklagen. Wer übernimmt dafür die Verantwortung, und wie ist dem Ganzen gedient, wenn durch zu langes Zögern von einer Stelle die richtige Zeit verpaßt wird? Ich habe bereits an Dr. *Bosch* geschrieben, ob man in Ludwigshafen schon mit der Errichtung der Anlage begonnen. Die Herren in Höchst habe ich dringend gebeten, auch ohne die endgültige Zusage des Kriegsministeriums sofort mit der Anlage zu beginnen.“

Was aus diesen ersten Ausführungen im Laufe der Jahre unter steter Mithilfe von *Fischer* geworden ist, kann hier nicht im einzelnen geschildert werden. Eine Riesenindustrie versorgte bald Deutschland und seine Verbündeten mit Salpetersäure und Nitraten.

Bald schon tauchte eine neue Schwierigkeit auf. Die Herstellung der modernen Sprengstoffe erfordert *Kampfer*, und unsere Vorräte gehen auf die Neige. Am 27. November 1914 erstattete *Fischer* dem Kriegsministerium ein ausführliches Gutachten über den Ersatz des Japankampfers durch synthetischen aus amerikanischem Terpeninöl und durch sogen. Centralite. Es sind dies Dimethyl- und Diäthyl-Diphenyl-Harnstoffe, die schon früher als Stabilisatoren für Nitroglycerinpulver versucht worden waren. Die wissenschaftliche Untersuchung ergibt ihre Brauchbarkeit, und *Fischer* stellt den Antrag, das Kriegsministerium wolle wenigstens den Pulverfabriken „zu Rottweil, Troisdorf und Walsrode die Erlaubnis erteilen, vom 1. April 1915 ab das von ihnen zu liefernde Gewehrpulver mit Centralit II an Stelle von *Kampfer* herzustellen“. Im Laufe der Zeit wurden dann auch die Bedenken der staatlichen Pulverfabriken überwunden, und die Kampferschwierigkeit im Sinne *Fischers* beseitigt.

Der plötzliche große Bedarf an *Automobilreifen* findet die Kautschukfabriken ohne jede Vorbereitung. Unter Leitung *Fischers* findet am 2. November 1914 eine Sitzung im Hofmannhaus statt, bei der sich ergibt, daß die Kautschukvorräte in wenigen Monaten zu Ende sind. *Harries*, *Willstätter* und besonders *Hofmann* (Leverkusen) äußern sich pessimistisch, und *Fischer* stellt zum Schluß mit Bedauern fest, daß seine Hoffnung auf synthetischen Kautschuk nicht weiter Gegenstand der Beratung sein könne. Es erfolgt dann am 15. Dezember 1914 ein Preisausschreiben, das 100 000 M. aussetzt „für diejenige Erfindung, die die größte Ersparnis an Rohkautschuk in der Herstellung von brauchbaren Kraftwagenreifen zu bewirken geeignet ist“. Seitdem bleibt die Frage im Vordergrund. Schließlich erfüllt sich *Fischers* Hoffnung und es gelingt, die Synthese eines brauchbaren Methylkautschuks in sehr großem Maßstabe in Leverkusen durchzuführen.

Unerwartet groß werden die Anforderungen der Heeresverwaltung an *Trinitrotoluol*. Die kleinen Vorräte an *Toluol* sind bald aufgebraucht und die Produktion ist nicht ausreichend, um den Bedarf zu decken. Wiederum wendet man sich an *Fischer*. Am 3. Februar 1915 entsteht unter seinem Vorsitz die „Kommission zur Beschaffung von Kokereiprodukten“. Die Arbeiten dieser Kommission im Laufe der Jahre waren sehr umfangreich. Bald reichte der Sitzungssaal im Hofmannhaus nicht mehr aus, und die Sitzungen mußten in den Konferenzsaal der Kgl. Bibliothek verlegt werden. Der Bemühung *Fischers* gelang es, so ziemlich alle Männer zu vereinigen, die auf dem Gebiet der Kohlenförderung, der Kokerei und der Gaserzeugung Erfahrung hatten; es seien hier nur *Stinnes*, *Sohn*, *Franz Fischer*, *Arnhold*, *Bueb*, *Bunte*, *Lempelius* angeführt. Die Arbeiten der Kommission, die ununterbrochen bis zum 19. Juni 1917 ihre Arbeiten fortsetzte, waren von großem Erfolge begleitet. Durch Anlage von modernen Apparaten für Benzolwäsche in Gasfabriken und andere Maßnahmen gelingt es, die Produktion an *Benzol* und *Toluol* derart zu heben, daß schon Ende 1915 der Bedarf nicht nur voll gedeckt ist, sondern die Vorräte sich derart anhäufen, daß man zu Export von *Benzol* schreitet. Wichtige Fragen treten hinzu, wie die Beschaffung von *Schwerölen* für die Marine, von *Naphthalin*. Es ist unmöglich, hier die Erledigung aller dieser Probleme zu schildern. Ihre Bearbeitung führte zu einem regen Zusammenarbeiten mit dem *Kohlenforschungsinstitut* in Mülheim (Ruhr). Die Vermehrung der Teerproduktion durch Verringerung der Zersetzungstemperatur war zu erreichen, doch enthielt der Kaltteer keine aromatischen Kohlenwasserstoffe, sondern aliphatische und hydroaromatische Kohlenwasserstoffe. Die Extraktion von *Phenol* und *Kresol* der Kokereiteere bildet den Gegenstand eingehender Untersuchungen; hier standen sich vielfach die Meinungen schroff gegenüber. Auch Zukunftsprobleme wer-

den aufgeworfen, über die wir heute wohl traurig lächeln. Am 7. Januar 1916 sagte *Fischer*:

„Der Überfluß an Benzol ist wahrscheinlich nicht vorübergehend, wie der des Toluols, sondern beruht auf dem Mangel an Absatz. Darum ist es wichtig, neue Verwendungsmöglichkeiten für Benzol ausfindig zu machen, vor allem solche, welche auch später in Friedenszeiten den Betrieb der vielen neu errichteten Benzolfabriken nutzbringend gestalten können.“

Aber schon in einer Sitzung am 17. November 1916 mußte *Fischer* den Benzolmangel als beängstigend bezeichnen, denn inzwischen war leider das übertriebene, alle technischen Verhältnisse allmählich zerrüttende „Hindenburgprogramm“ ins Leben getreten. Die Mittel der Technik und Wissenschaft waren erschöpft, als am 19. Juni 1917 *Fischer* die letzte Sitzung der Kommission einberief. Nur noch Vermehrung der Zahl der Arbeitskräfte konnte vielleicht helfen, denn überall drohte der Kohlenmangel. Exzellenz Gröner, Oberstleutnant Bauer u. a. nahmen an der denkwürdigen Sitzung teil, die *Fischer* mit den Worten schließen konnte:

„Zur Behebung der jetzigen Kohlennot erscheint die Zuführung von 40—50 000 gelernten Bergarbeitern und 20 000 Hilfsarbeitern unbedingt erforderlich. Durch das Entgegenkommen der Heeresverwaltung ist deren Entlassung in Aussicht gestellt.“

Im Jahre 1915 tauchte zuerst die Schwefelfrage auf. Die großen Vorräte der Werke an Kiesen verringerten sich mehr und mehr. Die Förderung inländischer Kiese (Meggen) war ungenügend. Am 31. August 1915 konstituiert sich unter *Fischers* Vorsitz eine „Gips- und Kieseritkommission“, die zunächst das Studium der Gewinnung von Schwefel aus Gips nach dem Reduktionsverfahren (Hönningen), später nach dem Röstverfahren unter Zusatz von Sand und Kohle (Leverkusen) und schließlich nach dem Hochofenverfahren (Neckarzimmern) in den Kreis ihrer Tätigkeit zog. Das Kieseritverfahren (Griesheim-Elektron) trat später wegen technischer Schwierigkeiten mehr zurück. Die Aufgaben erweiterten sich und wurden von einem technischen Ausschuß, der *Verwaltungsstelle für private Schwefelwirtschaft*, übernommen, deren Vorsitz *Fischer* führte. Gelang es auch nicht, dem Schwefel aus Gips zum durchschlagenden Siege zu verhelfen, so sind doch auf diesem Gebiete wichtige Fortschritte gemacht worden.

Verhältnismäßig lange war es gelungen, den Glycerinbedarf zu decken, da teilweise an Stelle von Nitroglycerin Trinitrotoluol getreten war. Aber mit Beginn des Jahres 1916 mußte die Verseifung von Fetten eingeschränkt werden, und die Feldzeugmeisterei bat *Fischer*, der Frage der Glycerinbeschaffung auf anderem Wege näherzutreten. Der nächstliegende Gedanke war die Möglichkeit des Ersatzes von Glycerin durch Glycol. Am 3. März 1916 fand unter *Fischers* Vorsitz die erste Besprechung hierüber statt. *Fischer* be-

tonte, daß zwar die Möglichkeit bestehe, Glycerin nach dem Connsteinschen Verfahren durch Vergärung von Zucker herzustellen, daß aber sehr umfangreiche Anlagen notwendig seien und befürwortete den Ausbau einer Glykolanlage bei *Goldschmidt* (Essen). Im Laufe des Jahres gelang es dann aber *Connstein* und *Lüdecke*, das Gärungsverfahren wesentlich zu verbessern und mit dem so gewonnenen Glycerin (*Protol*) waren die Beschaffungsschwierigkeiten behoben. Bei der Beseitigung auftretender Schwierigkeiten der Fabrikation, der Verwertung des nebenher gewonnenen aldehydhaltigen Alkohols usw. beteiligte sich *Fischer* in maßgebender Weise.

Infolge der umfangreichen Fettverseifung zum Zwecke der Glyceringewinnung hatten sich sehr bedeutende Mengen zum Teil minderwertiger freier Fettsäuren angehäuft, deren Verwertung für menschlichen Genuß bei der zunehmenden Fettknappheit eine wichtige Aufgabe war. *Fischer* bearbeitete die Reinigung der Fettsäuren, so daß sie nach seinen Versuchen unmittelbar der Margarine hinzugefügt werden konnten (einige Prozent sind durch den Geschmack kaum wahrzunehmen) oder nach Überführung in den Äthylester nach dem Verfahren *Frank-Wimmer* verwendbar wurden. An der Spitze des „Wissenschaftlichen Referats“ des „Kriegsausschusses für Öle und Fette“ hat *Fischer* die Herstellung dieser Ester und ihre Verwendung zu Estermargarine tatkräftig gefördert.

Immermehr waren im Laufe der Zeit diese und andere Ernährungsprobleme in den Vordergrund getreten. Allerdings war schon seit 1914 die Frage des Stickstoffdüngers im Zusammenhang mit der Stickstofffrage überhaupt behandelt worden. Bereits am 30. Nov. 1914 hatte der weitblickende Geheimrat *Ramm* vom Landwirtschaftsministerium zusammen mit *Fischer* eine „Kommission zur Steigerung der Stickstoffdüngerproduktion“ ins Leben gerufen. Zum ersten Mal stehen sich Kalkstickstoff und Ammoniaksynthese gegenüber. *Fischer* verwendet sich für das Nebeneinanderbestehen beider Verfahren und bekämpft energisch den Plan eines „Stickstoffmonopols“. In einer Eingabe an den Reichstag vom 5. Mai 1915 wird die Sachlage dargelegt und der Schluß gezogen: „Für die freie Entfaltung erfinderischer Kräfte ist das Monopol sehr wahrscheinlich ein Hindernis.“ Es sei daher abzulehnen. Der phantastische Verbrauch der Munitionserzeugung an Salpetersäure, schlechte Ernten und die Blockade verschlechtern die Ernährung immer mehr. *Fischers* sorgenvolle Gedanken beschäftigten sich mit der Möglichkeit, aus Rohstoffen wie Stroh, Holz usw. Nahrungsmittel zu schaffen. Gemeinsam mit *Haber* und *Nernst* stellte er im Januar 1917 beim Kriegsamt den Antrag auf Bildung eines „Nährstoffausschusses“, der wissenschaftlich das Problem der Nahrungsbeschaffung für Mensch und Tier bearbeiten solle. Es war den Antragstellern schon damals völlig klar, daß die Lösung des Er-

nährungsproblems wesentlich mit zum Kriegsproblem an sich geworden war. Die Ausführungen, die *Fischer* in der Gründungssitzung, der *Grüner* präsiidierte, machte, waren von fürchterlichem Ernste und verfehlten ihre Wirkung nicht. Auch Vaterlandsliebe und Tapferkeit, so führte er aus, könnten sich schließlich nicht über physiologische Gesetze hinwegsetzen. Dem physiologischen Niedergang müsse der psychologische folgen, zuerst vermutlich bei den verbündeten wenig widerstandsfähigen Völkern, dann aber auch bei uns. Das Mögliche und Erdenkliche müsse zur Abhilfe geschehen.

Der so ins Leben gerufene Ausschuß hat von da ab unausgesetzt bis zu seiner letzten Sitzung am 2. November 1918 eine Reihe wichtiger Probleme bearbeitet. Es war *Fischer* gelungen, eine Reihe der bedeutendsten Fachmänner zur Teilnahme an den Arbeiten des Ausschusses zu bestimmen. Außer den schon erwähnten *Haber* und *Nernst* waren es vor allem *Rubner*, *Zuntz* und *Kerp*, welche Probleme des Nährwerts, *Haberlandt* und *Correns*, die pflanzenphysiologische Aufgaben, von *Arnim-Criewen* und *v. Lochow-Petkus*, die landwirtschaftliche Fragen, bearbeiteten. Zahlreiche andere Forscher beteiligten sich an der Erledigung von Spezialaufgaben.

Vor allem galt es, die Umwandlung von *Stroh* in ein für Tiere, insbesondere Wiederkäuer und Pferde verdauliches Futter zu fördern. Das „Aufschließen“ mit Natronlauge wurde wissenschaftlich untersucht, technisch ausgebildet und unter Mithilfe des „Kriegsausschusses für Ersatzfutter“ die Errichtung von Fabriken in kleinen landwirtschaftlichen Betrieben ins Leben gerufen. Da es an Natronlauge fehlte, arbeitete *Fischer* ein Verfahren unter Anwendung von Schwefelnatrium aus, das jedoch keine erhebliche praktische Verwendung fand. Von großer Wichtigkeit für die Durchführung war *Fischers Methode zur Bestimmung* der Qualität des aufgeschlossenen Strohs. Die analytische Bestimmung auf gravimetrischem und maßanalytischen Wege wurde zahlreichen Laboratorien von Hochschulen übergeben, die eine ausgedehnte Kontrollarbeit übernahmen. Umfangreich waren die Arbeiten zur vergleichenden Prüfung der vielen vorgeschlagenen Aufschließungsverfahren.

Außer der Aufschließung mit Alkalien wurde untersucht die Wirkung des Ammoniaks, der Salzsäure, von Salzsäure und Chlor (*Schwalbes Verfahren*) und eine Reihe anderer Methoden, doch erwies sich schließlich Natronlauge als das beste Mittel. Methoden zur bakteriellen Zersetzung der Zellulose, analog der Zelluloseverdauung im Darm, führten trotz vieler Abänderungen nicht zum Ziel.

Die Notwendigkeit der Beschaffung von Ätzalkali zur Aufschließung führte zu einer Bearbeitung des Problems der Alkaliwirtschaft, doch war es zu spät, um hier Durchgreifendes zu leisten. Es fehlte an Kohlen, Eisen und Arbeitskräften. Diese Schwierigkeiten traten auch hemmend ent-

gegen, als *Fischer* das Projekt erwog, nach dem Verfahren von *Willstätter Holz* mit starker Salzsäure in Traubenzucker in großem Umfange überzuführen. Persönlich legten *Willstätter* und *Bergius* am 19. Mai 1917 die Pläne zur fabrikatorischen Ausführung des Verfahrens vor. Die Verwirklichung erwies sich zurzeit leider als unmöglich. So mußte denn das unvollkommene Verfahren der Holzverzuckerung durch verdünnte Säure (SO_2 oder HCl) unter Druck verfolgt werden. Dieses Gebiet sowie das verwandte des *Sulfitspiritus* hat den Ausschuß vielfach beschäftigt.

Bearbeitungen anderer Ernährungsfragen folgten und stets war es *Fischers* leitender Geist, der zu wertvollen Arbeiten über *Brotstreckung*, *Ausmahlung* und *Entkeimung* des Getreides, *Gemüsekonservierung*, *Nutzbarmachung* von *Laub*, *Schilf*, *Schilfwurzeln*, *Quecken* usw. anregte.

Mit besonderem Nachdruck widmete *Fischer* sich der Frage eines vollwertigen Kaffee-Ersatzes durch Verwendung von *Coffein*, ein Gedanke, der nicht erst im Kriege entstanden war. Seit Jahren beschäftigte ihn das volkswirtschaftliche Problem, einen wesentlichen Teil der Summen, welche jährlich für Einfuhr von Bohnenkaffee in Deutschland außer Landes gehen (vor dem Kriege 200 Millionen Mark) zu ersparen. Auch um die Erforschung der Natur des Kaffee-Aromas und seine Synthese hatte er sich schon vor dem Kriege bemüht. In bezug auf das Aroma von Kaffee-Ersatzmitteln waren zwar während des Kriegs erhebliche Fortschritte erzielt worden, *Fischer* sah aber mit Recht in der belebenden Wirkung des *Coffeins* den notwendigen Ersatz für die fehlende anregende Wirkung. In mehreren Schriften und Gutachten hat er sich mit der *Coffeinfrage* und ihrem Einfluß auf Ernährung und Stimmung beschäftigt, aber er scheiterte an Widerständen der militärischen Sanitätsbehörden und vor allem auch des Kriegsernährungsamts. Die technische Herstellung des *Coffeins* wäre leicht gewesen.

Auch die Süßstoffe bildeten den Gegenstand der Bearbeitung, wobei hauptsächlich die *Dulcinherstellung* (p-Phenetolcarbamid) in Frage kam, als infolge Toluolmangels die Saccharinproduktion zurückging.

Die Entbitterung der *Lupinen* wurde wissenschaftlich und praktisch durchgearbeitet und Vergleiche der von *Thoms* und anderen empfohlenen Methoden angestellt. Diese Arbeiten bildeten einen Teil der Bestrebungen, die Eiweißmengen der menschlichen Ernährung zu erhöhen. Im Zusammenhang damit standen Arbeiten über die *Mineralhefe*. In einem erschöpfenden Gutachten vom 14. Juni 1917 hat *Fischer* den Stand dieser Frage dargelegt und auf die Wichtigkeit hingewiesen, die Anfänge weiter zu führen.

Die Hingebung, mit der sich *Fischer* diesen und anderen Problemen auf dem Nährstoffgebiete widmete, konnte trotz praktischer Ergebnisse die Verschlechterung der Ernährungslage

nicht aufhalten. Immer näher sah *Fischer* den Zusammenbruch im Innern kommen, und in einer Eingabe an alle leitenden Persönlichkeiten der hohen militärischen und Zivilstellen wies der Ausschuß im Januar 1918 auf die drohenden Gefahren hin, auf die Mortalität, die Zunahme der Tuberkulose, die Abnahme der Arbeitsfähigkeit und der moralischen Widerstandsfähigkeit und endlich auf die Unmöglichkeit, durch die Mittel der Wissenschaft und Technik Hilfe zu schaffen. Man dürfe sich keinen Illusionen mehr hingeben. Dies war wohl der einzige, wenn auch vergebliche Versuch *Fischers*, wenigstens indirekt auf die politischen Entschlüsse einzuwirken. Konnten auch die Ergebnisse des Nährstoffausschusses nur wenig Hilfe bieten, so werden sie doch dauernd von Bedeutung sein.

Diese Tätigkeit erschöpfte keineswegs die Schaffenskraft des großen Mannes. Trotz aller Sorgen für die Allgemeinheit, trotz schwerer Schicksalsschläge, trotz zunehmender, oft kaum zu ertragender körperlicher Schmerzen lebte er weiter der reinen Wissenschaft. Zwar mußte er sich darauf beschränken, „alte Jacken aufzuarbeiten“, wie er zu sagen pflegte, aber welche Fülle von Gedanken und neuen Beobachtungen finden wir in den 25 Abhandlungen, die während der Kriegszeit entstanden sind!

Im Jahre 1913 hatte *Fischer* in einem Vortrage auf der Wiener Naturforscherversammlung die Ziele bezeichnet, die er auf dem Gebiete der Gerbstoffe zu erreichen hoffe. Die Lösung der gesteckten Aufgabe konnte *Fischer* während des Krieges zum Abschluß bringen. Er hat darüber in einem Vortrage am 28. November 1918 in der Akademie der Wissenschaften berichtet und die zahlreichen Arbeiten auf diesem Gebiete noch kurz vor seinem Tode in einem umfangreichen Buche zusammengestellt, das unter dem Titel „*Untersuchungen über Depside, Flechtenstoffe und Gerbstoffe*“ bei Julius Springer (Berlin) erscheint. Das wichtigste Ergebnis war die Bestätigung von *Fischers* Vermutung, daß das *Tannin* der chinesischen Zackengalle und eine Reihe ihm nahestehender Gerbstoffe Zucker enthalten und daß chinesisches Tannin eine esterartige Verbindung von Traubenzucker mit einer größeren Anzahl von Gallussäuremolekülen von der Art einer Penta-m-digalloylglucose ist. Bei der künstlichen Herstellung konnte sich *Fischer* eine merkwürdige Entdeckung zunutze machen. Als er nämlich aus der durch Vereinigung von 3,5-Diacetyl-gallussäure und Triacetyl-gallussäure gewonnenen Pentacetyl-p-digallussäure die Acetylgruppen entfernte, erhielt er nicht die para-, sondern die m-Digallussäure, die nun für die Tanninsynthese bequem zur Verfügung stand. Diese Wanderung von Acylgruppen von einer Hydroxylgruppe zu einer anderen, die hier zum ersten Male beobachtet wurde, gehört zu den interessantesten intramolekularen Umlagerungen. *Fischer* fand, daß es eine allgemeine Erscheinung ist, die nicht

nur bei aromatischen Substanzen auftritt, die zwei Hydroxyle in Orthostellung besitzen, sondern auch bei aliphatischen Polyhydroxylverbindungen. Für die Konstitution der Fette der Glykoside usw. ist diese Beobachtung von großer Wichtigkeit.

Die Idee, zu partiell acylierten mehrwertigen Alkoholen und Zuckerarten durch Acylierung ihrer Acetonverbindungen zu gelangen, konnte während des Krieges verwirklicht und den synthetischen Pentagalloylglukosen eine Trigalloyl-, zwei Monogalloylglukosen und eine Monogalloylfruktose an die Seite gestellt werden. Die 1-Galloylglukose erwies sich als identisch mit dem *Glucogallin*, einem Bestandteil des chinesischen Rhabarbers, und damit war zum ersten Male nicht nur ein synthetisches Galloylderivat der Glukose mit einem Naturprodukt identifiziert, sondern auch das Vorkommen von Glukosiden in der Natur nachgewiesen, bei denen eine Säure durch die Carboxylgruppe mit der charakteristischen Gruppe des Traubenzuckers verbunden ist. Sehr interessant ist der Vergleich dieser Stoffe hinsichtlich ihrer typischen gerbstoffartigen Eigenschaften, wie vor allem ihrer Fähigkeit, Leim zu fällen. Um diesem Vergleich eine weitere Grundlage zu geben, stellte *Fischer* noch Galloylderivate mehrwertiger Alkohole vom Glykol bis zum Mannit dar. Das Verfahren der partiellen Acylierung wird dann auf Erythrit, Dulcitol, Mannit, Glukose, Fruktose weiter ausgedehnt. Monobenzoylglukose zeigt sich identisch mit dem aus Preiselbeeren isolierten *Vacciniin*.

Große Bedeutung legte *Fischer* der Synthese cyanhaltiger Glykoside bei, da diese Körper in der Natur eine wichtige Rolle spielen. Ausgehend vom d.1-Mandelsäureäthylester und Acetobromglukose gelangte er auf einem komplizierten Wege zum d- und 1-Mandelnitrilglykosid, dem *Prulaurasin* und von diesem zu seinen beiden Komponenten, dem Mandelnitrilglukosid und der d-Verbindung, dem *Sambunigrin*. Dies die erste Synthese natürlicher cyanhaltiger Glykoside, die in naher Beziehung zum Amygdalin stehen.

Die Anwendung dieses Verfahrens auf aliphatische Oxyssäuren ergab das Glukosid des Acetoncyanhydrins, das im Pflanzenreich verbreitete und wegen seines Vorkommens im Flachs und seines bitteren Geschmacks *Linamarin* genannten Körpers. Ferner gelang die Synthese des aus physiologischen Gründen besonders interessanten Glukosids des Glykolsäurenitrils. *Fischer* vermutete, daß dieses Glukosid in der Pflanze bei der Assimilation des Stickstoffs eine Rolle spielen müsse, da seine Bestandteile — Traubenzucker, Formaldehyd, Blausäure — in der Pflanze zur Verfügung stehen und daß es nur seiner Zerfallsfähigkeit wegen bisher noch nicht aufgefunden worden sei.

Auf Grund der Feststellung der Struktur der cyanhaltigen Glykoside ist ihr systematisches Studium und das verwandter Stoffe ermöglicht. *Fischer* hatte die Darstellung zahlreicher Deri-

vate der Glykosidosäuren durchgeführt, wesentlich mit zu dem Zwecke, um ihr Verhalten gegen Emulsin zu studieren, eine Arbeit, welche demnächst veröffentlicht werden wird.

Aus der Fülle der mit diesen Arbeiten im Zusammenhang stehenden Synthese sei der Aufbau des *Phloretins* aus Phloroglucin und Acetyl-Hydro-p-cumarsäurenitril, erwähnt. Damit war die Konstitution des wegen seiner Diabetes erzeugenden Wirkung berühmten *Phloridzins*, das sich aus Phloretin und Traubenzucker zusammensetzt, in erwünschter Weise durch die Synthese bestätigt.

Neben diesen Arbeiten auf verschiedenen Gebieten der Pflanzenstoffe gingen rein theoretische Untersuchungen her, von denen namentlich die wichtige Feststellung der *Identität je zweier Kohlenstoffvalenzen* erwähnt sei, die auf einem neuen Wege (durch Überführung aktiver Allylpropylcyanessigsäure in inaktive Dipropylcyanessigsäure) gelang. *Fischer* trug diese Entdeckung selbst am 26. Juli 1915 der Deutschen Chemischen Gesellschaft vor.

Die letzten Untersuchungen *Fischers* betreffen das *Glukal*, jenes merkwürdige Derivat des Traubenzuckers, das aus Acetobromglukose mit Zinkstaub und Essigsäure entsteht; er hielt es für

einen der interessantesten Körper der Zuckergruppe. Die Arbeit, welche die Natur des Glukals aufklärt, soll in einigen Monaten erscheinen.

Ein Lieblingsgedanke, der *Fischer* seit den letzten Monaten des Jahres 1918 beschäftigte, war die Beschaffung eines großen Kapitals, aus dessen Zinsen der *chemische Unterricht* in Zukunft sichergestellt werden sollte. Durch hingebende Werbetätigkeit gelang es ihm, diesen Plan zu verwirklichen und die Ansprache, die er bei Gründung der „Deutschen Gesellschaft zur Förderung des chemischen Unterrichts“ am 24. Oktober 1918 hielt, in der er das Wort prägte „*schlechte Chemiker sind gefährliche Menschen*“, fand begeisterte Zustimmung. Mit Freude erfüllte es ihn, als endlich das Kapital gesichert war. „Für mich“, so schrieb er mir vor kurzem, „ist es geradezu eine Herzenssache, denn die Beteiligung daran ist vielleicht der *letzte Dienst, den ich der deutschen Wissenschaft leisten kann*.“ Leider sollte er Recht behalten.

Faßt man alles in allem, so wird man erkennen, daß aus keiner Periode seines so erfolgreichen Lebens die umfassende Größe *Fischers* als Mensch und Forscher klarer in die Erscheinung tritt, als aus seinem Wirken in der schweren Zeit des Krieges.

Emil Fischer in seiner Betätigung für die deutsche Wissenschaftspflege.

Von Geh. Reg.-Rat Dr. Ernst Trendelenburg, Berlin.

Es ist nicht leicht, *Emil Fischers* Wirken für die Pflege der deutschen Wissenschaften in seiner ganzen Vielseitigkeit zuverlässig zu schildern und gerecht zu würdigen. So unbestritten er auf der Höhe seines Lebens bei allen Trägern und Förderern der Wissenschaftspflege weit über sein Fachgebiet hinaus als Gutachter und Berater Vertrauen und Anerkennung fand, so wirksam sein Reichtum an Ideen, sein in weite Ferne gerichteter Blick, sein praktischer, die Erfordernisse und Möglichkeiten der Gegenwart klar erfassender Sinn die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts und die Organisation der wissenschaftlichen Forschung befruchtete, so unverhältnismäßig spärlich sind die urkundlichen Belege dieses seines reichen Wirkens. In seinem Nachlaß fand sich nichts an Aufzeichnungen, die uns über seine Betätigung für die Wissenschaftspflege Kunde geben könnten. Auch das behördliche und sonstige Aktenmaterial enthält, soweit mir bekannt, wenig Material für eine umfassende und vollständige Darstellung. Doch gerade dies ist für die Arbeitsweise und Wesensart *Emil Fischers* bezeichnend.

Emil Fischer war kein Mann des Schreibischen und der Feder. Seine Arbeit als wissenschaftlicher Forscher vollzog sich nicht im Stu-

dierzimmer, sondern im Laboratorium, sein Weg zum Ziel führte nicht durch wissenschaftliche Spekulationen, sondern über das wissenschaftliche Experiment. Dies entsprach seinem praktischen, dem Mittelbaren abgeneigten Sinn.

So finden wir ihn auch, wo ihn eine Aufgabe der Wissenschaftspflege beschäftigte, mit beiden Füßen auf dem Boden der Wirklichkeit, bei aller Weite des Gesichtsfeldes klar auf das praktische Ziel hingewendet, das er jeweils anstrebte. Wo er eine Idee, einen Plan für richtig und vernünftig hielt, legte er mit unbefangener Selbstsicherheit das Gewicht seiner Persönlichkeit in die Wagschale, mehr um Vertrauen werbend, als mit Verstandesgründen überzeugend. Er wirkte mit seinem persönlichen Wesen, mit einer seltenen Gabe, den einzelnen Menschen für seine Gedanken einzunehmen, mehr als mit Abstraktionen oder mit verstandesmäßigen Beweisführungen und Schlußfolgerungen. Das Bewußt-Feierliche, das die Atmosphäre der Aktenwelt durchweht, lag seiner Natur gar wenig. Was sich durch eine ungezwungene Unterhaltung von Mensch zu Mensch erledigen ließ, das machte er aus eigenem Antrieb und ohne Not gewiß nicht zum Gegenstand eines schriftlichen Gutachtens oder einer Denkschrift. Auch im Ver-

kehr mit den behördlichen Stellen lag der Schwerpunkt seines Wirkens in der persönlichen Unterredung, bei der er die ganze Frische seines Temperaments und die unbedingte Freimütigkeit voll entwickelte, die seinem persönlichen Wesen so viel Zauber verliehen. Und so klar und ansprechend einige schriftliche Äußerungen zur Wissenschaftspflege sind, die wir von ihm besitzen, so sind doch jedem, der die Freude hatte, mit ihm persönlich zu verhandeln oder ihn seine Auffassung mündlich darlegen zu hören, diese Äußerungen noch viel eindrucksvoller gewesen, weil mehr als seine Worte seine ganze Persönlichkeit wirkte, die er im mündlichen Vortrag oder Gespräch voll entfaltete.

Emil Fischer war ein ausgesprochener Individualist, der von Organisationen und Einrichtungen wenig, von der individuellen Produktivität sehr viel erwartete. Wo es in Fragen der persönlichen Auslese, diesen Berufungsfragen —, die entsprechend der hohen Bedeutung der Persönlichkeiten für die Wissenschaft mit Recht im Vordergrund der Wissenschaftspflege und des akademischen Interesses stehen — auf seinen Rat ankam, war sein Streben stets dahin gerichtet, den richtigen Männern, deren Arbeitskraft wirklichen Fortschritt versprach, das ihren Fähigkeiten entsprechende Feld der Betätigung zu verschaffen. Wie er selbst eine ausgesprochene Persönlichkeit, ein wirklicher Führer war, nicht bloß eine „Autorität“, so erwartete er Fortschritte in erster Linie von Männern, von „wissenschaftlichen Köpfen“, wie er zu sagen pflegte, nicht von Einrichtungen, die ihn eigentlich nur als Basis für die Auswirkung von Persönlichkeiten interessierten.

Individuelle Produktivität erkannte er rückhaltlos an, wo immer sie sich betätigte, in der Wissenschaft, in der Industrie und im Staate. Selbst in stets jugendlicher Frische handelnd und wirkend — lähmte körperliches Leiden die Freudigkeit des Schaffens, so zog er sich meist von jeder Tätigkeit zurück —, behielt er sich allezeit ein warmes, freudig anerkennendes Verständnis für die gestaltenden Kräfte der Jugend und des Mannesalters. Immer wieder wies er, wenn es sich um Berufungen in neue Wirkungsstätten wissenschaftlicher Forschung handelte, auf die jüngeren Generationen hin. Mit 50 Jahren, pflegte er zu sagen, höre der wissenschaftliche Forscher meist auf, produktiv zu sein. Was er später schaffe, sei im allgemeinen nur die Ausföhrung von Ideen, die ihm eine frühere Zeit geschenkt habe. So trat er, wenn es anging, immer dafür ein, jugendlichen Kräften Betätigungsmöglichkeit und Bewegungsfreiheit zu bieten. Dabei unterließ er jedoch nie, darauf hinzuweisen, wie oft jugendliche Forscher, die verheißungsvoll beginnen, in erstaunlich schneller Zeit aufhören, produktiv zu sein.

Diese hohe Bewertung der individuellen Produktivität und die Freiheit von persönlichen Vorurteilen, die ihm bei der Beurteilung von Menschen eigen war, führte er selbst auf die Eindrücke seiner Jugend zurück. Er erzählte gern, wie er im katholischen Rheinland als Protestant, wenn ich nicht irre, als einziger Protestant seiner Schulklasse, aufwuchs und früh lernte, sich mit individuellen Leistungen gegenüber den ihm mit Vorurteilen begegnenden Kameraden durchzusetzen. Daß er als achttes und jüngstes Kind seiner Eltern aufwuchs, mußte ihn in gleicher Richtung leiten. Denn kein Boden ist für die Heranbildung von individuellen Persönlichkeiten geeigneter, als ein zahlreicher Geschwisterkreis in einem von Schaffensfreude durchwehten Hause.

So viel Einfluß ihm äußere Stellung und Autorität sicherten, so fußte er in seinem Wirken doch immer wieder unmittelbar auf seinen individuellen Leistungen und Erfahrungen. Nie erlag er der in einer oberflächlichen Zeit sich aufdrängenden Versuchung, für Dinge, die ihm nicht in irgend einer Weise eigenes Erlebnis waren, seine unbestrittene Autorität, seine einflußreiche Stellung als solche zur Geltung zu bringen. Seines eigenen persönlichen Wertes, aber auch der Grenzen seines natürlichen Wirkungsbereiches bewußt, war er verantwortungsfreudig, wo es sich um Dinge seines Lebenskreises handelte, aber zurückhaltend, wo er anderen die bessere Sachkunde zugestehen mußte.

So haben *Emil Fischer* die gekannt, welche mit ihm Fragen der Wissenschaftspflege beraten haben, sei es, daß Ratschläge von ihm erbeten wurden oder er selbst Vorschläge machte oder größere Pläne verfolgte. Mit praktischem Blick griff sein beweglicher Geist alles auf, was auch immer ihm für die Wissenschaftspflege notwendig und nützlich schien: mochte es sich um eine reine Haushaltsfrage handeln, wie etwa die Befreiung der wissenschaftlichen Institute von der Alkoholsteuer, oder um Fragen der Hilfsmittelbeschaffung, wie etwa der Erwerb einer größeren Menge Radium, für die er sich im gemeinsamen Interesse zahlreicher Institute erfolgreich bemühte, oder die Rückleitung der im Kriege beschlagnahmten Platinbestände, oder mochten große, weitgesteckte Ziele der Wissenschaftspflege ihm vor Augen schweben.

Zwei große Unternehmungen auf dem Gebiete wissenschaftlicher Forschung haben ihre Entstehung mit in erster Linie *Emil Fischer* zu verdanken, das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Dahlem und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr. Beide Institute beruhen auf dem Gedanken einer Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft, einer Förderung der freien, als Selbstzweck betriebenen Wissenschaft unter geldlicher und organischer Mitarbeit der Industrien,

für welche die erhofften Fortschritte der wissenschaftlichen Erkenntnis materielle Bedeutung gewinnen können. *Emil Fischer* war dank seinem tiefen Verständnis für industrielle Aufgaben, dank dem unbedingten Vertrauen, das er als Forscher und praktischer Mensch bei den Führern der Industrie genoß, der geeignete Mann, um den Gedanken einer solchen Kooperation zur Verwirklichung zu bringen.

Stellen diese beiden wissenschaftlichen Forschungsstätten, die Institute für Chemie und Kohlenforschung, gewissermaßen einen neuen, wenn auch nicht ganz vorganglosen, Typ in der Organisation der deutschen Wissenschaftspflege dar, so gewinnt eine Betrachtung ihrer Entstehung und ihres Aufbaus gerade in der jetzigen Zeit ein allgemeines Interesse. Je mehr die alten Grundlagen des staatlichen und gesellschaftlichen Lebens wanken, desto sorgfältiger muß man nach den neuen Entwicklungstendenzen Ausschau halten und prüfen, welche von ihnen einem neuen kulturellen Aufbau als Grundlage dienen könnten.

Schon um die Jahrhundertwende war in den Kreisen der chemischen Wissenschaft und Technik erörtert worden, ob nicht besondere Maßnahmen geboten seien, um Deutschlands Vorrang auf diesen Gebieten voll zu behaupten. Da traten im September 1905 drei führende Männer der chemischen Wissenschaft, *Emil Fischer*, *Ostwald* und *Nernst*, mit dem Plan hervor, nach dem Vorbild der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin eine Chemische Reichsanstalt zu begründen. Eine von *Ostwald* entworfene, von *Emil Fischer* und *Nernst* mitberatene Denkschrift legte die Ziele des geplanten Unternehmens näher dar. Das Programm der drei Forscher stellt eine Verbindung rein wissenschaftlicher mit wissenschaftlich-technischen Aufgaben dar, ähnlich wie dies bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt durchgeführt ist. Die Stellung eines jeden Landes in der Welt, so wird an einer für die Gegenwart wieder bedeutungsvollen Stelle der Begründung ausgeführt, sei in erheblichem Maße mit durch den Anteil bedingt, den es an der wissenschaftlichen Arbeit der Menschheit nehme. Je größer der Beitrag eines Volkes zu dem wissenschaftlichen Gesamtschatze der Menschheit sei, um so höher stehe es in der Achtung der Völker; je bereitwilliger und schneller andererseits ein Volk diesen allgemeinen Schatz auf seine besonderen praktischen Aufgaben und Probleme anzuwenden wisse, desto schneller und gewinnbringender werde es diese lösen können. Während Deutschland früher fast nur nach der ersten Richtung seine Erfolge gesucht und gefunden habe, sei es seit einigen Dezennien auch nach der zweiten tätig gewesen und habe alsbald sich in mehrfachen Beziehungen an die Spitze zu stellen gewußt. Wissenschaftlich geschulte Intelligenz stehe uns reichlicher und besser zur Verfügung als irgend-

einem anderen Volke, und somit sei es unsere Pflicht und unser Gewinn, die Hilfskräfte unseres Vaterlandes in solchem Sinne zu entwickeln, daß dieser natürliche Vorzug möglichst wirksam zur Geltung komme.

Es wird schwer sein, festzustellen, welchen geistigen Anteil jeder der drei Gelehrten an diesem Programm hat. In der Folgezeit übernimmt *Emil Fischer* immer entschiedener die Führung. Am 7. Juni 1906 legt er den Plan im Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes¹⁾ dar und verteidigt ihn gegen mehrfach erhobene Bedenken, namentlich gegen die Einwendungen, die kurz zuvor von *Martius* gemacht hatte²⁾. *Fischers* starkem Einfluß auf die führenden Männer in der chemischen Industrie ist es in erster Linie zu danken, daß diese sich entschlossen für den Plan einsetzten und sich bereit fanden, ihn auch mit materiellen Mitteln zu fördern. Am 21. Februar 1906 fand unter dem Vorsitz von *Emil Fischer* in der Universitätsaula in Berlin eine Besprechung in größerem Kreise statt. Zur Einführung hielt *Emil Fischer* eine bemerkenswerte Rede über das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Er führte aus: Der befruchtende Einfluß, den die Wissenschaft und die moderne Industrie wechselseitig aufeinander ausüben, trete in der Chemie ganz besonders deutlich zutage. Kein Land habe von dieser Erkenntnis größeren materiellen Nutzen zu ziehen gewußt, als unser Vaterland. Ohne die gründliche wissenschaftliche Ausbildung der technischen Chemiker und ohne die Fortschritte der Forschung selbst wäre die Entwicklung der chemischen Industrie Deutschlands niemals erreicht worden. Dieses Verdienst werde vorzugsweise den Unterrichtslaboratorien an den Universitäten und Technischen Hochschulen zuerkannt. Man dürfe aber nicht verkennen, daß im Ausland neuerdings gewaltige Anstrengungen gemacht würden, uns nachzukommen, und besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika, wo großartige Stiftungen von Privaten zugunsten des Unterrichts gemacht würden, sei die Wahrscheinlichkeit ziemlich groß, daß dies auch gelingen werde. Es sei ferner nicht zu leugnen, daß die Leistungsfähigkeit der Unterrichtslaboratorien in der wissenschaftlichen Forschung eine beschränkte sei, nicht allein in bezug auf die Arbeitskraft der Dozenten, sondern auch in bezug auf die materiellen Mittel. Für die wissenschaftliche Chemie gelte deshalb das gleiche, was *Werner von Siemens* vor 22 Jahren für die Physik gesagt habe³⁾. Auch für die Chemie müßten in Zukunft Forschungsstätten entstehen, die losgelöst seien von den Pflichten des Unterrichts, die mit so reichen Mitteln ausgestattet würden, daß sie auch kostspielige Versuche in Angriff nehmen könnten. Von den Hochschul-

1) Sonderabdruck, Verlag von Leonhard Simion Nf., Berlin.

2) Chemische Industrie 1906.

3) Zu vergl. hierzu: *Werner Siemens* von *Conrad Matschoß*, Julius Springer, Berlin, Bd. 1 S. 182 ff.

verwaltungen könnte die Errichtung solcher Forschungsanstalten nicht erwartet werden. Man würde akademische Institute jeder Art auch leicht als zu weltfremd ansehen. Die Probleme müßten in engem Zusammenhange mit der Technik gelöst werden. Es dürfte deshalb zweckmäßig sein, eine solche wissenschaftliche Forschungsstätte in Verbindung zu bringen mit einer Anstalt, die mit der angewandten Chemie in regem Verkehr stehe, die berufen sei, die wissenschaftlichen Methoden in den Dienst der praktischen Anwendung zu stellen.

Diese Ausführungen kennzeichnen bereits die enge Verwandtschaft zwischen den auf Gründung einer Chemischen Reichsanstalt gerichteten Bestrebungen und umfassenderen Plänen, die *Friedrich Althoff* hegte und die demnächst auf breiterer Basis durch die Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Verwirklichung fanden. Dieser innere Zusammenhang wurde von *Emil Fischer*, dessen Persönlichkeit nach dem Ausscheiden *Ostwalds* aus der Führung der Chemischen Reichsanstalt noch entschiedener in den Vordergrund getreten war, sofort erkannt und für das chemische Unternehmen nutzbar gemacht. So sollte erst die Vereinigung beider Ideenkreise für dieses die Vollendung bringen. Denn mit den Verhandlungen, die man zunächst im Reichsamt des Innern, später auch im Reichsschatzamt angeknüpft hatte, kam man nicht weiter. Zwar brachte die Industrie dank dem rückhaltlosen Vertrauen zu *Emil Fischer* und dank der Werbekraft einzelner industrieller Führer in verhältnismäßig kurzer Zeit namhafte Summen auf; zwar wurde die geldliche Förderung des Unternehmens durch die Gründung des Vereins „Chemische Reichsanstalt“ auf einen gesicherten Boden gestellt. Auch wurde von der preußischen Staatsregierung ein für das Institut geeignetes Grundstück in Dahlem unentgeltlich zugesagt. Doch das Reich, auf dessen geldliche Hilfe man angewiesen war, beschränkte sich zunächst auf organisatorische Vorschläge, die von verständnisvollem Interesse des Reichsamts des Innern zeugten. Zu geldlichen Aufwendungen jedoch konnte sich das Reichsschatzamt bei der damaligen Finanznot — glückliche Zeiten, wo einige hundert Millionen Fehlbetrag im Reichshaushalt eine „Finanznot“ bedeuteten! — nicht verstehen.

Im Oktober 1908 konnte *Emil Fischer* zuerst auf die Althoffschen Pläne hinweisen und die Hoffnung aussprechen, daß das chemische Unternehmen im Zuge dieser Pläne die Förderung finden werde, die man vom Reich je länger je weniger erwarten konnte. Wir sehen ihn kurz darauf (November 1909) als Berater *Adolf von Harnacks* bei Ausarbeitung seiner im Auftrage des Kaisers verfaßten „Gedanken über die Notwendigkeit einer neuen Organisation zur Förderung der Wissenschaften in Deutschland“. Darin wird, unter *Emil Fischers* Einfluß, die Förderung der chemischen Forschung mit in erster Linie in

den Kreis der zu verfolgenden Aufgaben einbezogen. So wird besonders auf die Lehre von den Elementen und den Atomgewichten hingewiesen. Sie sei eine Wissenschaft für sich; jeder Fortschritt auf diesem Gebiete sei von der größten Tragweite für das Gesamtgebiet der Chemie. Die organische Chemie sei zu einem beträchtlichen Teil in die großen Laboratorien der Fabriken abgewandert. Damit sei diese Forschungsrichtung für die reine Wissenschaft zwar nicht ganz verloren, aber doch sehr verengt; denn die Fabriken setzten die Forschungen stets nur soweit fort, als sie praktische Resultate versprächen und sie behielten diese Resultate als Geheimnisse oder legten sie unter Patent. Die reine Wissenschaft sei aber auch im Interesse der Industrie — und sie sei sich dessen wohl bewußt — durchaus notwendig; denn sie bringe ihr die größten Förderungen durch die Erschließung wirklich neuer Gebiete, wie die Entdeckung der Konstitution des Indigos durch *Baeyer* erweise.

Damit war die Einbeziehung der „Chemischen Reichsanstalt“ in den Kreis der „Kaiser-Wilhelm-Institute“ dem Gedanken nach erfolgt, die tatsächliche Vereinigung wurde alsbald nach der im Januar 1911 abgeschlossenen Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften vollzogen, in deren Senat *Emil Fischer* vom Kaiser berufen wurde. Aus Anlaß der Konstituierung der Gesellschaft hielt *Emil Fischer* am 11. Januar 1911 im Kultusministerium in Anwesenheit des Kaisers einen nach Form und Inhalt gleich meisterhaften Experimentalvortrag über „Neuere Erfolge und Probleme der Chemie“¹⁾, in welchem er einleitend die Notwendigkeit besonderer Forschungsinstitute in der ihm eigenen Anschaulichkeit nochmals begründet. Er weist darauf hin, daß die meisten deutschen Naturforscher gleichzeitig Lehrer an einer Hochschule seien. Hier habe sich im Laufe der letzten Jahrzehnte ein Massenunterricht entwickelt, der allen Studierenden die Möglichkeit einer gründlichen experimentellen Bildung gebe, aber die Lehrer in hohem Maße verbrauche, die schaffende Tätigkeit des Forschers behindere. In den modernen Unterrichtslaboratorien herrsche ein Getriebe wie in einem nicht allzu kleinen Fabrik- oder einem kaufmännischen Geschäft, und in der zersplitternden Sorge des Tages verlören die Dozenten gar zu leicht die Ruhe des Geistes und den weit ausschauenden Blick für die großen Probleme der Forschung. Diese Gefahr sei wohl am schärfsten von den Lehrern der Chemie empfunden worden. Es sei deshalb kein Zufall, daß in ihren Kreisen der Ruf nach neuen Arbeitsstätten am lautesten ertönt sei. Besonderen Vorteil würden von den neuen Forschungsinstituten voraussichtlich die jüngeren Chemiker haben, Männer, die jetzt als Assistenten oder Privatdozenten an den Hochschullaboratorien unter dem Frondienst des

¹⁾ Verlag von Julius Springer, Berlin 1911.

Unterrichts nur bei ungewöhnlicher Arbeitskraft den Forderungen des Forschungsexperimentes genügen könnten.

Im Herbst 1912 konnte das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie eröffnet werden. Seine Organisation beruht in Ansehung der Mittelbeschaffung und der Verwaltung auf einer Kooperation zwischen preußischem Staat, Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Verein „Chemische Reichsanstalt“ (später „Verein zur Förderung Chemischer Forschung“ genannt). In wissenschaftlicher Hinsicht sind der Direktor und die wissenschaftlichen Mitglieder in der Wahl und Ausführung ihrer Arbeiten vollständig frei, die Verwaltungsorgane des Instituts und der wissenschaftliche Beirat auf eine anregende, nicht bestimmende Mitwirkung bei den wissenschaftlichen Arbeiten beschränkt. So ist eine enge Fühlung zwischen dem Institut sowie weiteren Kreisen der chemischen Forschung und der chemischen Industrie und Technik ermöglicht, ohne daß die wissenschaftliche Freiheit der an dem Institut beschäftigten Forscher beeinträchtigt würde.

Die Aufgaben des Instituts sind auf chemische Forschung beschränkt. Man konnte dies um so mehr rechtfertigen, als das gleichzeitig mit Mitteln der Koppelstiftung und des preußischen Staates auf dem Nachbargrundstück in Dahlem errichtete Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie einen wesentlichen Teil der sonstigen Aufgaben übernommen hatte, die der geplanten Chemischen Reichsanstalt zugeordnet waren.

Eine wesentliche Ausgestaltung erfuhr die Organisation der chemischen Forschung in unmittelbarer zeitlicher Folge durch die von *Emil Fischer* zuerst geplante und richtunggebend beeinflusste Gründung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung. Schon in seinem Vortrage vom Januar 1911 wies *Emil Fischer* auf die Notwendigkeit eines solchen Instituts hin. Er führte aus, daß unsere heutige materielle Kultur zum erheblichen Teil auf die Ausnutzung der fossilen Brennstoffe, Steinkohle und Braunkohle, gegründet sei. Eine spätere Zeit werde uns aber nicht den Vorwurf ersparen, daß wir mit diesem kostbaren Material arge Verschwendung getrieben hätten. Bei der Verheizung der Kohle in der Dampfmaschine gingen mehr als 85 % der ursprünglichen Energie verloren. Dieser Verlust lasse sich durch eine zweckmäßige chemische Behandlung der Kohle (Vergasung) erheblich vermindern, wobei wertvolle Nebenprodukte anfielen. Die bisher benutzten Verfahren seien noch in mannigfacher Hinsicht veränderungs- und verbesserungsfähig. Er könne sich deshalb denken, daß einmal in den Zentren der Kohlenindustrie besondere Institute entstehen, wo mit allen Mitteln der Wissenschaft und im engsten Anschluß an die Praxis diese wichtigen Fragen bearbeitet würden. Diese Anregung fand in Rheinland-Westfalen einen außerordentlich günstigen Boden. Denn dort betrieb bereits

der Regierungspräsident in Düsseldorf Dr. *Kruse* im Zusammenhang mit den allgemeinen Sammlungen für die Kaiser-Wilhelm-Institute den Plan eines besonderen, in Rheinland-Westfalen zu errichtenden Forschungsinstituts, als dessen Aufgabe auch er die Chemie der Kohle betrachtete. Dank der tatkräftigen Förderung, die dem von der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft alsbald aufgegriffenen Fischerschen Plane durch den Regierungspräsidenten Dr. *Kruse* zuteil wurde, waren durch freiwillige Beiträge der Kohlenindustrie in kurzer Zeit die für das Institut erforderlichen Mittel so gut wie sichergestellt, wobei die einmaligen Aufwendungen von der Stadt Mülheim an der Ruhr übernommen wurden. So konnte der Plan im Sommer 1912 einem großen Kreise von Freunden der Sache vorgelegt werden, wobei *Emil Fischer* seinen Plan im Zusammenhang vortrug¹⁾. Er erörterte dabei insbesondere die Gründe, aus denen neben den bestehenden Werkslaboratorien noch ein besonderes rein wissenschaftliches Institut für Kohlenforschung notwendig sei, wobei er sich auf seine Erfahrungen mit der chemischen Industrie sowie auf Entstehung, Aufgaben und Organisation des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie berufen konnte. Verhältnismäßig stark betont er in dieser Rede, daß der Leiter des Instituts in der Wahl seiner wissenschaftlichen Aufgaben frei sein müsse.

Seine Mahnung hatte vollen Erfolg. Wenn das Institut heute, vollständig aus Mitteln der Industrie unterhalten, uneingeschränkte Freiheit der wissenschaftlichen Betätigung genießt, so verdankt es dies in erster Linie *Emil Fischer*, der immer wieder rückhaltlos für die individuelle Freiheit des wissenschaftlichen Forschers eingetreten ist und der es verstanden hat, das große persönliche Vertrauen, das ihm von der Kohlenindustrie entgegengebracht wurde, gewissermaßen auf die wissenschaftliche Forschung im allgemeinen und auf das Kohleninstitut im besonderen zu übertragen.

Der Gedanke der Kooperation tritt bei dem Kohleninstitut noch reiner zutage als bei dem chemischen Institut. Geldgeberin ist fast ausschließlich die Kohlenindustrie, deren größte Werke sich zu diesem Zwecke zu einem Verein zusammengeschlossen haben. Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft finden wir fast ebenso ausschließlich in der Rolle der wissenschaftlichen Treuhänderin, im wesentlichen nur die wissenschaftliche Freiheit des Instituts und seine Eingliederung in den Kreis der deutschen Forschungsstätten verbürgend. Die Verwaltung des Instituts obliegt einem gemeinsam gebildeten Kuratorium, an dem ferner die preußische Unterrichtsverwaltung, die Stadt Mülheim und die Rheinische Gesellschaft für wissenschaftliche Forschung in Bonn beteiligt sind.

¹⁾ „Glückauf“, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift, 1912 Nr. 46.

Dieser Typ eines deutschen Forschungsinstituts hat inzwischen in dem unter tätiger Mitarbeit *Emil Fischers* begründeten Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung einen neuen Vertreter gefunden. Der wissenschaftliche Charakter des Instituts ist in gleicher Weise, wie bei dem Kohleninstitut, gewährleistet. Die industrielle Seite ist hier unter Führung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute auf gewissermaßen genossenschaftlicher Basis organisiert, indem sämtliche deutsche Eisenhüttenwerke mit einer Abgabe auf jede Tonne erzielten Roheisens zu den Unkosten des Instituts beitragen.

Die äußere Macht und die Finanzkraft des Staates ist zusammengebrochen. Ernste Sorge erfüllt jeden, dem die Zukunft der deutschen Wissenschaftspflege am Herzen liegt. Vielleicht werden die Grundlagen, auf denen die drei genannten Forschungsinstitute aufgebaut sind, noch einmal weit größere Bedeutung auch auf anderen Gebieten der Wissenschaftspflege gewinnen, wenn erst die deutsche Wirtschaft wieder zu Kräften gelangt und Mittel und Wege suchen muß, aus Eigenem auch den fernerliegenden Voraussetzungen ihres Gedeihens die Pflege zuteil werden zu lassen, die der Staat nicht mehr zu bieten vermag. Dann mag sich die Wirtschaft auf den von *Emil Fischer* so überzeugend dargelegten Konnex zwischen Wirtschaft und Wissenschaft besinnen und ganz in *Emil Fischers* Geiste die Kooperation zwischen beiden im Sinne einer Förderung der freien wissenschaftlichen Forschung ausgestalten.

Auch in der teilweisen Übernahme von anderen wissenschaftlichen Aufgaben, deren Erfüllung bisher ausschließlich Sache des Staates war, ist die chemische Industrie auf Anregung von *Emil Fischer* durch die Begründung der Liebigstiftung vorangegangen. Hier handelt es sich um eine Unterstützung der bestehenden Hochschullaboratorien in erster Linie zur Förderung des chemischen Unterrichts.

Schon in den ersten Jahren des Krieges war *Emil Fischer* wegen des Nachwuchses an jungen Chemikern mit ernster Sorge erfüllt. Der Krieg hatte viele und oft gerade die hoffnungsvollsten Gelehrten hinweggerafft. Die überall auf unmittelbarste Nutzenanwendung hindrängende Kriegs-

betätigung hatte nach seinen Beobachtungen den wissenschaftlichen Geist der Jugend auf schwerste geschädigt; die Frage des wissenschaftlichen Nachwuchses trat für ihn in den Vordergrund des Interesses. Dem wissenschaftlichen Unterricht, darüber war er sich klar, mußten sich nunmehr wieder die besten wissenschaftlichen Kräfte widmen. Deshalb bestimmte er einen an einem Forschungsinstitut tätigen hervorragenden Gelehrten dazu, an eine Hochschule zurückzukehren und dort die Lehrtätigkeit wieder aufzunehmen.

Die fortschreitende Entwertung des Geldes drohte die Leistungsfähigkeit der chemischen Unterrichtsinstitute mehr und mehr einzuschränken. Auch hier erkannte *Emil Fischer* klar die Gefahr und den Weg zur Abhilfe. Noch einmal setzte er seinen persönlichen Einfluß bei der Industrie ein, und noch einmal ward ihm ein voller Erfolg zuteil. Ungeachtet des Zusammenbruchs, der inzwischen eintrat, brachte die deutsche chemische Industrie große Mittel auf, durch welche die den Hochschullaboratorien drohenden Gefahren vorerst hintangehalten werden können.

Es war *Emil Fischer* nicht vergönnt, noch die ersten Anzeichen einer besseren Zukunft unseres Vaterlandes mitzuerleben, die wir doch alle noch zu sehen hoffen. Die so oft gezogene Parallele zum Jahre 1807 lehnte er mit dem Hinweis darauf ab, daß nicht nur der Staat, sondern auch unser gesellschaftliches und wirtschaftliches Leben zusammengebrochen sei. Und doch können wir ungeachtet seiner der Hoffnungsfreude abgeneigten Stimmung, mit der er die Gegenwart betrachtete, aus seiner Persönlichkeit und seinem Werke Kräfte gewinnen, die wertvoll sind für den geistigen Wiederaufbau, an den wir glauben, weil wir über die letzten Ausschreitungen einer überwundenen, materialistischen Epoche hinaus an die innere Gesundheit unseres Volkes glauben. Wir wollen von ihm lernen, den sittlichen Gehalt und die geistige Kraft der Persönlichkeit wieder zur Anerkennung zu bringen, die Weisheit vor das Wissen zu setzen, dem Schein zugunsten der Echtheit zu entsagen und Ehrfurcht vor dem zu empfinden, was jenseits des eigenen Erkenntnisvermögens liegt. Dann werden wir dem Ziele schon um vieles näher sein.

Eine toxikologische Erinnerung an Emil Fischer.

Von Prof. Dr. Louis Lewin, Berlin.

Im Verlaufe meiner Untersuchungen über Veränderung des Blutes unter dem Einfluß chemisch reaktiver Körper war ich genötigt, auch die Einwirkungen des Phenylhydrazins auf dasselbe festzustellen. Nachdem die Arbeit, die sich über lange Zeit erstreckt hatte, fast beendet war, veranlaßten mich zwei Umstände, *Emil Fischer*,

den ich seit vielen Jahren kannte, aufzusuchen. Ich hatte bei Tieren, die mit diesem Stoffe vergiftet waren, eine auffällig grüne Verfärbung des Blutes erscheinen sehen. Auf Zusatz von Salpetersäure wurde das Blut so grün, wie gekochter Spinat. *Fischer* wies mich darauf hin, daß er durch Erwärmen eines Gemisches von Phenylhydrazin und

Aldehyd ein grünes basisches Produkt erhalten habe. Wie stets ein Helfer in wissenschaftlichem Forschen, unterzog er sich selbst der Mühe, das von mir erhaltene Hämo-verdin mit seiner Base zu vergleichen. Er stellte auch spektroskopisch die Verschiedenheit beider fest.

Wichtiger als dies war eine zweite Auskunft, die ich von ihm erhalten wollte. Ich litt in den Jahren 1894—96 und dann noch zweimal, 1898 und 1900—1901 unter den Giftwirkungen des Phenylhydrazins. An den Fingerstellen, an die es gelangt war, erschienen nach 16—20 Stunden: Rötung, juckende, in der Haut liegende Knötchen und Schwellung. Nach einer gewissen Zeit kamen, in der Ursache nicht alsbald erkannt, allgemeine Störungen mit Gesichtsblasser, Magen- und Darmstörungen und anderes mehr hinzu, die mir das Arbeiten und Vorlesungshalten kaum noch gestatteten. Lange noch, nachdem ich mich von dem Phenylhydrazin ferngehalten hatte, fühlte ich die Nachwehen seiner reduktiven Eigenschaften in meinem Körper. Mir mußte sehr daran liegen, die älteren Erfahrungen *Fischers*, des Entdeckers des Phenylhydrazins, kennen zu lernen. Er teilte sie mir mündlich mit und schrieb sie danach in dem nun folgenden Briefe auf.

Berlin N., den 5. Jan. 1901.
Hessische Str. 1—3.

Sehr geehrter Herr College!

Meine Beobachtungen über die Giftigkeit des Phenylhydrazins erstrecken sich über eine lange Reihe von Jahren und ziemlich viele Personen. Sie sind aber nichts weniger als systematisch und beschränken sich auf Wirkungen, welche auf der Haut oder beim Einatmen der Dämpfe entstehen.

Am häufigsten tritt die Bildung von Ekzemen ein, aber bei verschiedenen Personen in sehr verschiedener Zeit. Ein Diener in Würzburg, der erst 2 Monate im Laboratorium war, bekam vom einmaligen Reinigen der Gefäße eine so starke Entzündung der Hände und Arme, daß er mehrere Tage arbeitsunfähig war und die Stelle aufgab. Ein Assistent erhielt auf gleiche Art eine starke Schwellung der Arme und Entzündung der Lymphgefäße. Die meisten Personen vertragen aber das Arbeiten mit der Base wochen- und monatelang. Ich selbst habe mehrere Jahre keinen merklichen Schaden davongetragen. Dann aber stellte sich ein chronisches Ekzem an den Händen ein; besonders betroffen waren die Fingerspitzen und die innere Fläche der rechten Hand. Zeitweise wurde die Haut rissig und blutete. Ich habe 5 Jahre darunter gelitten und bin es trotz einer 2monatlichen strengen Kur erst ganz los geworden, nachdem ich alle Arbeiten mit Phenylhydrazin aufgegeben hatte. Seitdem sind die Hände wieder ganz normal.

Viel schlimmer war bei mir die Wirkung auf Magen und Darm, wobei ich allerdings bemerken muß, daß diese Organe bei mir locus minoris resistentiae sind. Auch hier stellte sich die Empfindlichkeit erst ein, als ich im Laufe der Arbeiten über Zucker $1\frac{1}{2}$ —2 Jahre fast täglich mit der Base zu thun hatte. Sie steigerte sich dann aber auch so sehr, daß schließlich ein halbstündiger Aufenthalt in einem Raum, wo überhaupt mit Phenylhydrazin gearbeitet

wurde, schon ein Gefühl der Uebelkeit und hinterher Durchfall erzeugte.

Thatsächlich war ich 5 Jahre halbkrank und bin den Zustand erst losgeworden, seit ich das Phenylhydrazin ganz aus meinem Privatlaboratorium verbannt hatte. Heute nach 4jähriger Pause kann ich es wieder leidlich vertragen.

Mit vorzüglicher Hochachtung

ergebenst

Emil Fischer.

Ich bitte Sie, obige Zeilen nach Gutdünken verwenden zu wollen.
D. O.

Aus diesem Brief geht hervor, daß auch bei ihm außer dem zwar qualvollen, aber an sich ungefährlichen Hautleiden sich noch Magen- und Darmstörungen ausgebildet und jahrelang angehalten haben. Die Frage, die toxikologisch-klinisch hier lebendig wird, ist: Ist es möglich bzw. wahrscheinlich, daß bei ihm, der seinen eigenen Angaben nach einen empfindlichen, für krank machende Einflüsse leichter zugänglichen Magen- und Darmkanal besaß, die chronische, über Jahre hinaus sich erstreckende Einwirkung des Phenylhydrazins Veränderungen als bösen Keim geschaffen hat, die sich später zwangsläufig zu schlimmeren entwickelt haben? Es ist hier nicht der geeignete Ort, um im einzelnen die Gründe, die für eine solche Annahme sprechen, darzulegen.

Die Übertragung des Satzes: „cessante causa cessat effectus“ auf toxikologische Vorgänge ist meistens verfehlt, zumal wenn diese oft, in langer Zeit, sich vollzogen haben. Es kann ein Mensch eine akute Vergiftung mit Kohlenoxyd überstehen und doch nach einem verhältnismäßig langen Intervall, nachdem mit absoluter Sicherheit das Fehlen des Gases im Blute seit Wochen festgestellt worden ist, geisteskrank werden oder andere schwere Veränderungen in seinen Nervenfunktionen oder am Herzen, an der Lunge usw. bekommen. So können ferner Arbeiter mit Anilin oder Anilinderivaten, mit Toluidin, Benzidin, Naphthylamin und homologen Basen krank und genötigt werden, solches Arbeiten aufzugeben. Trotzdem weisen die hierfür besonders disponierten unter ihnen nach geraumer Zeit — es können Jahre darüber vergehen — wann nichts mehr von dem Gifte im Körper ist — Blasen- geschwülste auf, von denen die selbst als gutartig angesehenen, gleich den bösartigen, rezidivieren und zum Tode führen, auch wenn sie operativ entfernt worden waren. Die Mühlen des menschlichen Körpers mahlen meistens sehr langsam. Was uns oft als ein akutes Leiden erscheint, hat seine Wurzeln in der Vergangenheit. Individuelle hohe Reizempfindlichkeit läßt diese oder jene Zellgruppen unter dem Einfluß manchen Giftes neue Richtungen in der vitalen Energie entfalten. Auf solcher Basis genügt irgendeine Zahl von einzelnen Reizimpulsen, um das weitere, *selbständige*, jahrelange krankhafte Arbeiten von be-

stimmt Zellen auf falscher Bahn und davon abhängige Funktionsstörungen irgendwo im Betriebsleben des Körpers, auch ohne neue Giftleistung, zu ermöglichen. Eine solche primäre Auslösung krankhafter Energie an giftbetrof-

fenen Geweben kann ebenso zu Wucherungen wie zu Degenerationen dieser führen.

Ich glaube, daß Phenylhydrazin einen Anteil an dem langen Leiden und dem schließlichen Zustande von Fischers Körper gehabt hat.

Prof. Emil Fischer.

Berlin N., den 5. Jan. 1906.

Hessische Str. 1-3.

Ihre ganzes neue Lektüre!

Meine Beobachtungen über die giftige Wirkung des Phenylhydrazins erstreckte sich über einen langen Zeitraum von Jahren und ziemlich viele Personen. Sie sind aber nicht weniger als systematisch und sorgfältig auf die Wirkung, welche auf das Gicht oder beim Einnehmen des Dünnges ausgeht.

Die für den Gichtigen ist die Bildung von Harnsäure, aber bei manchen Personen im sehr auffälligen Grade. Ich habe für diese in Nürnberg, die nach 2 Monaten im Laboratorium war, bekannt ^{manchmal} und die Wirkung des Giftes nach zu studieren.

Entzündung des Gicht und Arterien, das ist unsere Hauptabsicht, die wir sind

die Haut aufgab für gewisse Verfalls auf
 Absatz der einen starken Schwellung der Arme
 sind Folgeerscheinung der Lungenstase.
 Die meisten Personen vertragen aber
 das Verbleiben mit der Luft weniger und
 erkrankten. Ich selbst habe mehrere
 Jahre können gehen muskelfeier Lungen
 Verengungen. Denn aber sollte sie am
 geringsten Platz an der Lungen sein; besonders
 abzuheben waren die fingerförmigen und die
 inneren Klüfte der ^{unteren} Lungen. Zeitweise
 wurde die Lunge wässrig und abstrakte. Ich
 habe 5 Jahre darüber gelitten und bin es
 noch immer 2 normale Strömungen. Dies
 war ganz selbst gemeldet, nachdem ich alle
 Arbeiten mit Phosphoryliden aufgegeben
 hatte. Nachdem sind die Lungen wieder
 ganz normal.

Wiel bestimmt war bei mir die Wirkung
 auf Magen und Darm, wobei ich aller-
 dings bemerken muß, daß diese Organe
 bei mir sehr wenig resistent sind.
 Auch hier sollte sie die geringste Störung

noch nie, als ich im Laufe des Abends über
Zirkas 1 1/2 - 2 Jagen fast täglich mit der Lope
zu sein hatte. Sie stieg so hoch aber auch
so hoch, daß plötzlich ein fallender
Astronaut in einem Raum, wo überhängt
mit Phenylhydrazin geschnitten wurde, ohne
ein Gefühl der Unbehagen und für kurze
Zeitfall anging.

Plötzlich war ich 5 Jagen falkkrank und
bin der Zeit nicht mehr losgeworden, seit ich
das Phenylhydrazin ganz und meinen
privatlaboratorien in meinem Hause
und 4-jährigen Pariser
Lichte. Wenn ich es wieder bestellte war
Astronaut.

Mit vorzüglicher Zusage
verabreicht Emil Fischer.

Ich bitte Sie, obige Zeilen in
Ihrer Zeitung veröffentlichen zu wollen.

D. O.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 47. (Seite 883—902)

21. November 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Einführung in die Grundlagen des Nernstschen Wärmetheorems. Von Dr. J. Eggert, Berlin. S. 883.

Die biologischen Aufgaben des Vogelgesanges. Von Prof. Fritz Braun, Deutsch-Eylau. S. 889.

Die Bedeutung des Kaliums im Organismus. Von C. M. Voormolen, Delft. S. 895.

Besprechungen:

Friederichs, K., Studien über Nashornkäfer als

Schädlinge der Kokospalme. Von L. Reh, Hamburg. S. 900.

Bechhold, H., Die Kolloide in Biologie und Medizin. Von R. Zsigmondy, Göttingen. S. 901.

Astronomische Mitteilungen:

Umwandlung eines Miraspektrums in ein Novaspektrum. S. 902.



Gasgefüllte Lampen bis 2000 Watt

OSRAMWERKE

G.m.b.H. Kommanditgesellschaft

BERLIN O.17

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 69, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitseite angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 mäßiger Wiederholung
10 20 30 40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut** und **Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G. m. b. H. CÖLN a. Rh.

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.

(152)

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang } Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Berlin } Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
} Schlußplatz 4 Abt. geg. Gegenst.)

Lichtbilder

für Projektion

aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss

Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Prof. Dr. Hugo Krüss,
Hamburg 11.

Die Märkische Mikrobiologische Vereinigung e. V., Berlin (gegr. 1910) besteht aus Freunden der Mikrobiologie und will den Gebrauch des Mikroskops volkstümlich machen. Sie veranstaltet regelmäßig **Einführungskurse** in die Mikroskopie, ferner **Kurse zur Weiterbildung** auf den verschiedenen Gebieten der Mikrobiologie. Der Vereinigung gehören korrespondierende Mitglieder aus allen Teilen Deutschlands an. Die untenstehende Geschäftsstelle sendet auf Wunsch Probehefte der monatlich erscheinenden „Mitteilungen“ **kostenlos** zu. Geschäftsst. der Märkischen Mikrobiologischen Vereinigung, e. V. Berlin-Steglitz, Birkbuschstr. 86. (173)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 167 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(167)

Altes und Neues

aus der Unterhaltungsmathematik

Von

Dr. W. Ahrens

in Rostock

Mit 51 Textfiguren. Preis M. 5.60.

(Hierzu Teuerungszuschläge)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

21. November 1919.

Heft 47

Einführung in die Grundlagen des Nernstschen Wärmetheorems¹⁾.

Von Dr. J. Eggert,

Assistent am Physikal.-Chem. Institut der Universität Berlin.

Nachdem *Nernst*, eine umfassende Monographie über den dritten Hauptsatz der Wärmetheorie veröffentlicht hat: „Die theoretischen und experimentellen Grundlagen des neuen Wärmesatzes“²⁾, darf man annehmen, daß er den Gegenstand in gewissem Sinne als abgeschlossen erachtet. Es ist daher vielleicht an der Zeit, die Grundlagen und die Ergebnisse seiner Forschung in einer Form darzustellen, die unter möglichster Vermeidung mathematischer Behandlung auch das Interesse entfernterer naturwissenschaftlicher Kreise erregen kann³⁾. Unter den zahlreichen Gebieten, die der Gegenstand berührt, kann man dabei natürlich nur einige auswählen; und zwar muß man die Entscheidung darüber im wesentlichen davon abhängig machen, wie weit sich die Darstellung des Gegenstandes von seiner analytischen Formulierung abtrennen läßt.

In der medizinischen Literatur finden sich bereits Anwendungen des Nernstschen Wärmesatzes auf biochemische Vorgänge sowie Hinweise auf seine Wichtigkeit für das Verständnis gewisser physiologischer Vorgänge. Im Anschluß an eine Vorlesung von *Höber* über die Arbeitsleistung der Verbrennungsvorgänge in den Organismen schreibt *A. V. Hill* in der Einleitung einer Arbeit über die Beziehungen zwischen der Wärmebildung und den im Muskel stattfindenden chemischen Prozessen⁴⁾:

„Im Muskel besitzen wir eine Maschine, deren Funktion darin besteht, chemische Energie in mechanische oder potentiell mechanische Energie umzuwandeln. Die moderne Chemie beschäftigt sich zum großen Teil mit der sogenannten freien oder verfügbaren Energie chemischer Verbindungen, und wenn *Nernst's* dritter Lehrsatz von der Thermodynamik sich als richtig erweist, so ist es mehr als wahrscheinlich, daß man in wenigen Jahren der freien Energie, d. i. das Maximum an Arbeit, welches eine Reaktion leisten kann, sehr

viele chemische Reaktionen zuschreiben wird. Wir kennen oder wir sollten die chemischen Reaktionen, die im Muskel vorkommen, kennen und die Gesetze der Chemie werden uns befähigen, die Größe ihrer freien Energie und ihrer Wärmebildung vorauszuberechnen. Im lebenden Muskel können wir die Wärmeevolution und das Freiwerden der mechanischen potentiellen Energie beobachten, und es wird von höchstem Interesse sein, zu bestimmen, inwieweit die durch einen Muskel entwickelte mechanische Energie äquivalent ist der freien Energie des die Kontraktion begleitenden chemischen Prozesses. Die freie Energie bei der Oxydation der als Heizmaterial im Körper verwendeten Substanzen scheint nach den Berechnungen von *Báron* und *Póányi*⁵⁾ sehr beträchtlich zu sein und es wird von höchstem Interesse sein zu erfahren, ob und bis zu welchem Grade die freie Energie der chemischen Verbindungen in nutzbare Arbeit im Muskel umgesetzt werden kann.“

Hiernach sehen die Physiologen in den biochemischen Reaktionen ein neues Anwendungsgebiet des Nernstschen Wärmesatzes. Der Aufsatz verfolgt deswegen den Zweck, auch denen, welchen die thermochemische Seite jener Probleme ferner liegt, das Verständnis hierfür durch eine möglichst einfache Darlegung der Nernstschen Gedankengänge zu vermitteln.

1. Die Temperaturabhängigkeit der Atomwärmen.

Zum Ausgangspunkt unserer Betrachtungen machen wir die von dem Physiker *Pierre Louis Dulong* und seinem Mitarbeiter *Petit* im Jahre 1819 aufgefundene Regel: Die Atomwärmen aller kristallisierten und amorphen Elemente in festem Aggregatzustande sind konstant, und zwar gleich 6,4 cal pro Grad. Die Tabelle 1 gibt einige Beispiele zur Erläuterung der Regel.

Man erkennt deutlich, wie die spezifische Wärme, d. h. die zur Erwärmung von 1 g Substanz um 1° nötige Wärmemenge, mit steigendem Atomgewicht regelmäßig sinkt, so daß das Produkt beider, die Atomwärme, konstant bleibt. Gleichzeitig zeigen aber die drei letzten Beispiele unverkennbar, daß die Regel Ausnahmen erleidet. Schon frühzeitig hat man die Ausnahmen mit der Schwerschmelzbarkeit der betreffenden Elemente in Verbindung gebracht, eine Beobachtung, die zwar zutraf, aber die Deutung der Anomalie wenig förderte.

Die eigentliche Aufklärung für diese Unstimmigkeiten brachten erst die in großem Umfange

¹⁾ Der Aufsatz ist auf die Anregung eines Biologen entstanden und ist auch in erster Linie für die Biologen unter den Lesern der *Naturwissenschaften* bestimmt.

²⁾ Erschien 1918 bei Wilhelm Knapp in Halle (Saale).

³⁾ Ein Aufsatz über ein ähnliches Thema ist im Jahrg. 1915 Heft 35 dieser Zeitschrift erschienen; er behandelt die Stellung des Nernstschen Wärmetheorems zu den beiden Hauptsätzen der Wärmetheorie.

⁴⁾ Ergebnisse der Physiologie 15, 344, 1016.

⁵⁾ Biochem. Ztschr. 53, 1913.

Tabelle 1.

Element	Atomgewicht	Spez. Wärme	Atomwärme = spez. Wärme \times Atomgewicht
Lithium	7,0	0,9403	6,59
Magnesium	24,32	0,2519	6,12
Kalium	39,1	0,1662	6,50
Eisen	55,8	0,1138	6,35
Brom (fest)	79,9	0,0843	6,53
Silber	107,66	0,0570	6,13
Cer	140,25	0,0448	6,27
Quecksilber (fest) ..	200,6	0,0319	6,40
Thor	2 24	0,0276	6,42
Beryllium	9,1	0,1246	3,98
Diamant	12,0	0,1468	1,76
Silicium	28,3	0,164	4,64

eingeleiteten Experimentaluntersuchungen Nernsts und seiner Mitarbeiter, die das überraschende Ergebnis hatten, daß für jedes Element ein Gebiet existiert, in dem die Dulong-Petitsche Regel streng gilt, daß aber jedes Element einmal *aufhört*, der Regel zu gehorchen, wenn man seine Atomwärme nur bei hinreichend tiefer Temperatur mißt. Dadurch wird die Dulong-Petitsche Regel zu einem Grenzfall einer allgemeineren Gesetzmäßigkeit, welche besagt, daß *die spezifische, also auch die Atomwärme der Elemente eine Funktion der absoluten Temperatur ist.*

Tabelle 2.

T (abs.)	Atomwärmen von	
	Silber	Diamant
35	1,58	0,00
43	2,26	0,00
51	2,81	0,01
77	4,07	0,02
273	6,00	1,24
589	6,64	4,42
1169	—	5,45

So abgerundet das Bild durch diese Erkenntnis erschien — Tabelle 2 zeigt an dem Silber und dem Diamanten den (wenn auch nicht gleichartigen) Anstieg der Atomwärmen mit wachsender absoluter Temperatur —, so ergaben sich doch erhebliche Schwierigkeiten für die *theoretische* Deutung des Phänomens. Die Tatsachen stehen nämlich in scharfem Widerspruch mit den Grundannahmen der klassischen kinetischen Theorie der Materie. Der Theorie nach erfolgt die Aufnahme von Wärmeenergie stetig, d. h. gleichmäßig mit steigender Temperatur, und die Atomwärme ergibt sich aus der Theorie, *unabhängig von der Temperatur*, zu 6 cal pro Grad, also nahe gleich der Dulong-Petitschen Konstanten. Um den Einklang mit der Erfahrung wieder zu gewinnen, erforderte also die Theorie die Einführung eines neuen Ansatzes.

Diese neue Grundlage lieferte ihr die Plancksche Quantenhypothese.

Einstein nahm an (1907), daß die Energie nicht gleichmäßig, sondern nur in *bestimmten* Quanten aufgenommen wird, und zwar in Quanten, die der Schwingungszahl ν des Atoms direkt proportional sind¹⁾. Wenn auch die Wiedergabe der beobachteten Werte durch die neuen Einsteinschen Formeln nicht ganz exakt ausfiel, so wurde doch offenbar, daß sich die Theorie jetzt auf dem richtigen Wege befand.

Fig. 1 stellt eine Kurvenschar (gestrichelt) nach der Einsteinschen Formel für steigende Schwingungszahl ν des Atoms dar und zeigt, daß z. B. dem Silber wegen des steilen Anstiegs seiner Atomwärmen ein kleineres ν zuzuschreiben ist als dem Diamanten, dessen Atomwärme erst bei höherer Temperatur wächst. Diese ν -Werte, die sich hier aus der Art des Anstieges der Atom-

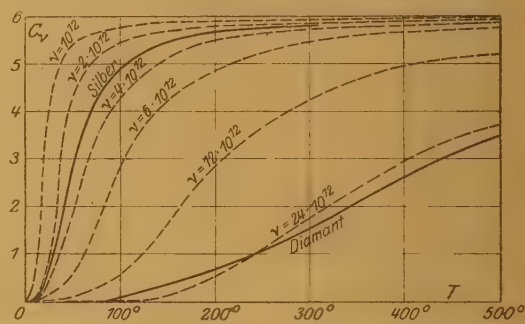


Fig. 1. Der Anstieg der Atomwärmen C_v mit wachsender abs. Temperatur T für Elemente mit steigender Schwingungszahl ν nach der Einsteinschen Formel berechnet. Die beobachteten Kurven für Silber und Diamant sind stark ausgezogen.

wärmen für jedes Element ersehen lassen, decken sich mit den Ermittlungen der ν -Werte aus anderen, z. B. optischen Beobachtungen und geben u. a. auch die anfangs als vermutet erwähnte Beziehung zum Schmelzpunkte des Elementes. Nach Lindemann ist nämlich ν^2 proportional der Schmelztemperatur in absoluter Zählung. Die der Einsteinschen Theorie noch anhaftenden Unstimmigkeiten haben Debye und Born durch differenziertere Ansätze beseitigt.

Als wesentliches Ergebnis wollen wir nach dieser Abschweifung in die Theorie festhalten, daß die spezifische Wärme aller Stoffe mit sinkender Temperatur abnimmt²⁾. Und zwar besitzt — und das ist der Kernpunkt der Sache — dieser Abfall einen asymptotischen Charakter, das heißt (wie dies übrigens die Werte für Diamant in Tabelle 2 auch zahlenmäßig verdeutlichen) die Kurven der Fig. 1 *schneiden* nicht die T -Achse in dem Koordinatenanfangspunkt, sondern flachen

¹⁾ Vergleiche hierzu die Sammeldarstellung von Reiche, diese Zeitschrift Nr. 17, Jahrg. 1918 (Planckheft), S. 219 ff.

²⁾ Hierin sind also auch die Verbindungen eingeschlossen, für die die Kopp-Neumannsche Regel (der Dulong-Petitschen entsprechend) natürlich auch nur als Grenzfall für hohe Temperaturen anzusehen ist.

sich so ab, daß sie die T -Achse im Nullpunkt asymptotisch berühren. Will man dies Verhalten physikalisch deuten, so besagt es: Bei allen Stoffen gelangt man bei dem Bestreben, ihnen durch Abkühlung immer mehr Wärmeenergie zu entziehen, in ein Temperaturgebiet, wo es wegen der schließlich nur noch verschwindend kleinen spezifischen Wärme der Stoffe nicht mehr gelingt, ihre Temperatur noch weiter zu erniedrigen. Das zwingt uns zu dem Schluß: Es ist unmöglich, den absoluten Nullpunkt tatsächlich zu erreichen.

Wie erinnerlich, lassen sich die ersten beiden Hauptsätze der Wärmetheorie auf die Tatsache zurückführen, daß es trotz allen Scharfsinnes nicht möglich gewesen ist, ein perpetuum mobile zu bauen (Sinn des 1. Hauptsatzes), auch nicht eine Maschine, die dauernd auf Kosten der Wärme der Umgebung Arbeit leistet (Sinn des 2. Hauptsatzes). Ähnlich läßt sich dem jetzt an die Seite stellen: die Unmöglichkeit einer Vorrichtung, die einen Körper der Wärme völlig beraubt. Das ist der Sinn des dritten Hauptsatzes, des Nernstschen Wärmetheorems, in seiner sinnfälligsten Form: er ist das Prinzip von der Unerreichbarkeit des absoluten Nullpunktes.

2. Die Temperaturabhängigkeit der Wärmetönung chemischer Reaktionen.

Die Abhängigkeit der Atomwärmen von der Temperatur interessiert uns u. a. deswegen, weil bei jedem chemischen Vorgange die spezifische Wärme der miteinander reagierenden Stoffe, also auch ihre Atomwärme, auf die Wärmetönung des Vorganges Einfluß hat. Wärmetönung eines Vorganges ist der in einem Kalorimeter meßbare Wärmeumsatz, den man beim Ablauf der Reaktion zwischen Grammolekülen beobachtet. Man muß bedenken, daß die bei dem Vorgange entstehende Wärmemenge unmittelbar dazu verbraucht wird, die bei dem Vorgang entstehenden Stoffe zu erwärmen. Wie äußert sich dieser Einfluß?

Nehmen wir zunächst als einfachsten Fall an: die spezifische Wärme der aufeinander einwirkenden Stoffe sei

1. über einen weiten Temperaturbereich konstant,
2. in Summa vor der Reaktion ebenso groß wie nachher.

Auch die Wärmetönung muß dann in diesem Temperaturbereich gleich groß sein; denn bei jeder Temperatur erhöht die von der Reaktion zur Verfügung gestellte Wärmemenge das umgewandelte System um einen Temperaturbetrag gleicher Größe, und zwar ist es dabei offenbar gleichgültig, ob es sich z. B. in einem Intervall zwischen 0° und 600° um eine Steigerung von 0° auf 100° oder von 500° auf 600° handelt.

Anders aber, wenn die Bedingung (2) nicht erfüllt ist! Die Wärmetönung U der Reaktion ändert sich dann von Grad zu Grad, und zwar

ändert sie sich pro Grad um diejenige Anzahl von Kalorien $\left(\frac{dU}{dT}\right)$, um die sich die Molekulärwärmen der Reaktionsteilnehmer vor und nach dem Vorgang unterscheiden ($c_2 - c_1$). Dieser Satz findet seinen strengen Ausdruck in der Gleichung $\frac{dU}{dT} = c_2 - c_1$.

Kirchhoff hat ihn 1858 für die besonderen Fälle des Schmelzens und des Verdampfens abgeleitet. U bedeutete dabei die Schmelzwärme bzw. die Verdampfungswärme. Er gilt aber allgemein für alle molekularen wärmebegleiteten Vorgänge, d. h. auch wenn U die Wärmetönung eines chemischen Vorganges bedeutet oder die Umwandlungswärme eines allotropen Vorganges oder dergleichen. Beträgt z. B. die Schmelzwärme¹⁾ des unterkühlten Wassers

Temp.	Schmelzwärme
bei -28°C	77,85 cal
-50	76,75 „
so ist $\frac{dU}{dT} = \frac{77,85 - 76,75}{-2,8 - (-5)} = \frac{1,1}{2,2} = 0,50$	$\frac{\text{cal}}{\text{Grad}}$

und tatsächlich findet man experimentell in guter Übereinstimmung hiermit die Differenz der spezifischen Wärme von Wasser und Eis $c_2 - c_1 = 0,498 \text{ cal/Grad}$.

Bisher haben wir noch an der Bedingung (1) festgehalten. Ist aber jede spezifische Wärme für sich eine Temperaturfunktion, so ist es auch die Differenz dieser Größen, und die Annahme 1 fällt weg (die Unabhängigkeit der spezifischen Wärme der Reaktionsteilnehmer von der absoluten Temperatur). Danach leuchtet ein, wie der Abfall der Atomwärmen bei tiefer Temperatur den Mechanismus der molekularen wärmebegleitenden Vorgänge, insbesondere der chemischen Reaktionen, beeinflusst.

Wir erläutern den Sachverhalt wieder an einem bekannten, und zwar möglichst einfachen Beispiel: Der Schwefel wandelt bei $+95,5^\circ \text{C}$ (d. h. bei $368,5^\circ$ abs. Temp.) seine Kristallstruktur um, unter Wärmeaufnahme von 3,19 cal pro Gramm Schwefel (in der Richtung rhombisch \rightarrow monoklin). Wir betrachten die umgekehrte Reaktion:

$$S_{\text{monoklin}} = S_{\text{rhombisch}} + 3,19 \cdot 32 \text{ cal}^{2)}.$$

Die Messung der spezifischen Wärmen beider Modifikationen durch Nernst und Koref in dem Intervall von 329° und 83° abs. ergab folgende Zahlen:

¹⁾ Die Angaben beziehen sich hier nicht auf 1 Mol, sondern der Einfachheit halber auf 1 g Substanz.

²⁾ Die Wärmetönung wird im allgemeinen für umgesetzte Grammoleküle angegeben ($S = 32$); in den folgenden Rechnungen ist jedoch der Einfachheit halber der Faktor 32 nicht mitgeschleppt. Es bedeutet also, im Anschluß an die Originalabhandlungen, U die bei der Umsetzung von 1 g Schwefel erzeugte Wärmemenge und die Größen c sind spezifische Wärmen.

Tabelle 3.

T (abs.)	c_{monoklin}	$c_{\text{rhombisch}}$	$\frac{dU}{dT} = c_m - c_r$	U (berechnet)
0	—	—	—	[1,34]
83	0,0854	0,0843	0,0011	1,37
138	0,1185	0,1131	0,0054	1,52
235	0,1612	0,1537	0,0075	2,12
273	—	—	—	2,43
293	0,1785	0,1705	0,0080	2,50
329	1,1844	0,1764	0,0080	2,85
368,5	—	—	—	3,19

Die spezifischen Wärmen der beiden Schwefelmodifikationen steigen, wie bei allen Stoffen, mit wachsender Temperatur an; aber sie steigen nicht gleichmäßig, ihr Unterschied, die Größe $c_m - c_r$, wird immer größer. Dasselbe muß dann natürlich für die Änderung der Umwandlungswärme pro Grad zutreffen (kurz für $\frac{dU}{dT}$). Geht man davon

aus, daß U bei 368,5°, wie soeben erwähnt, 3,19 cal beträgt, so ist mit Hilfe von $\frac{dU}{dT}$ leicht zu berechnen, welchen Wert U bei einer tieferen Temperatur besitzt. Es muß sich z. B. die Abnahme von U zwischen 368,5° und 273° auf:

$(368,5^\circ - 273^\circ) \times 0,0080 = 0,76 \text{ cal}$
Temperaturdifferenz \times Ändg. von U pro Grad
stellen, und in der Tat ist die hiernach berechnete Umwandlungswärme bei 273°

$$3,19 - 0,76 = 2,43 \text{ cal}$$

mit dem kalorimetrisch beobachteten Wert (2,40 cal) in bester Übereinstimmung.

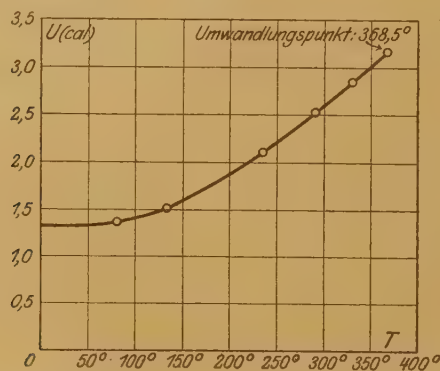


Fig. 2. Die Abhängigkeit der Wärmetönung U von der absoluten Temperatur T bei der Reaktion $S_{\text{monoklin}} = S_{\text{rhombisch}} + 32 \cdot U \text{ cal}$.

So kann man die Größe von U bis zu den tiefsten Temperaturen rechnend verfolgen, wenn auch hier die Messungen der Umwandlungswärme von monoklinem in rhombischen Schwefel fehlen. Die Rechnung ist unter Zuhilfenahme eines graphischen Verfahrens durchgeführt worden, ihr Ergebnis ist in der letzten Spalte enthalten. Die Zahlen sind in Fig. 2 durch eine Kurve zusammengefaßt.

Man erkennt deutlich den Abfall der Umwandlungswärme U , die bis zum absoluten Nullpunkt

verfolgt wurde. Wie bei den Kurven der Fig. 1 ist der Verlauf von U in der Nähe des Nullpunktes asymptotisch, d. h. mit der T -Achse parallel. Zum Unterschied aber von den C_p -Kurven der Fig. 1 bemerken wir, daß die Wärmetönung nicht etwa dem Werte 0 zustrebt, sondern sich einem bestimmten, endlichen Werte (in diesem Falle 1,34 cal) nähert.

Zusammenfassend ist aus dem Beispiel zu entnehmen:

Die Wärmetönung U einer chemischen Reaktion ist nach Maßgabe des Kirchhoffschen Gesetzes:

$$\frac{dU}{dT} = c_2 - c_1$$

von den Temperaturfunktionen der spezifischen Wärmen der Reaktionsteilnehmer abhängig und besitzt für eine bestimmte Temperatur T den Wert:

$$U = \int_0^T (c_2 - c_1) dT + U_0,$$

wo U_0 einen bestimmten, endlichen Wert hat. Man kann U_0 ermitteln, wenn man U für eine Temperatur und den Verlauf der spezifischen Wärme der Reaktionsteilnehmer bis zum absoluten Nullpunkt — wenigstens praktisch — kennt.

3. Die Affinität chemischer Reaktionen.

Somit haben wir den Abfall der Atomwärmen bei tiefen Temperaturen in ihrem Einfluß auf die Wärmetönung chemischer Vorgänge erkannt. Die Wärmetönung chemischer Vorgänge hängt aber aufs engste zusammen mit dem zweiten Charakteristikum chemischer Vorgänge, der Affinität. Obenhin beurteilt erscheint eine chemische Reaktion in ihren Haupteigenschaften durch die Angabe einerseits der aufeinander einwirkenden Stoffmengen und andererseits durch den hierbei beobachteten in Kalorien ausgedrückten Energieumsatz festgelegt; und in der Tat gibt eine chemische Gleichung etwa in der Form



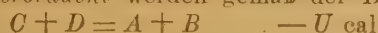
die wesentlichsten Merkmale des durch sie beschriebenen chemischen Vorganges wieder. Aber abgesehen davon, daß sie z. B. nichts über die Geschwindigkeit des Ablaufes aussagt, fehlt ihr vor allem die quantitative Aussage darüber, mit welcher Affinität (mit welcher Triebkraft) die Stoffe aufeinander wirken. Nach vielen Mißgriffen bei der begrifflichen und später auch bei der zahlenmäßigen Festlegung dieser zunächst instinktiv erfaßten Größe glaubten Berthelot und Thomsen dem Wesen der Affinität dadurch gerecht zu werden, daß sie sie mit der Wärmetönung U des Vorganges identifizierten, und so stellte Berthelot (1867) das Prinzip auf: „Jede chemische Umwandlung veranlaßt die Entstehung derjenigen Stoffe, bei deren Entstehung sich die größte Wärmemenge entwickelt.“

Zweifellos hat dieser Satz viel Bestechendes für sich, und er trifft auch bei vielen exothermen Vorgängen (d. h. Wärme entwickelnden) durch-

aus zu. Betrachtet man aber nicht gerade Vorgänge, die *vollständig* verlaufen (d. h. *praktisch* vollständig verlaufen), sondern Reaktionen, die bis zur Einstellung eines Gleichgewichtszustandes verlaufen (wie z. B. die Einwirkung von Joddampf auf Wasserstoff bei 400°), so erkennt man leicht, daß das Berthelotsche Prinzip hier versagt; z. B. der Vorgang:



bedeutet, daß bei der Umsetzung von 1 Mol *A* mit 1 Mol *B* die Wärmemenge *U* cal frei wird. Nach Berthelot wäre demgemäß „die Affinität der Reaktion“ gleich *U*. Wie aber, wenn wir von den Stoffen *C* und *D* ausgehen und dann das Gleichgewicht sich herstellen lassen? Auch dann besitzt das System offenbar Affinität, chemische Triebkraft, denn es entstehen doch *A* und *B*, wenn auch hierbei *U* cal pro Mol der verbrauchten Stoffe *C* und *D* verbraucht werden gemäß der Beziehung:



Diesen Fall sieht das Berthelotsche Prinzip aber nicht vor, denn es spricht nur von der Bildung solcher Stoffe, deren Entstehung Wärme *entwickelt*.

Kurz: es war eine Revision der Definition des Affinitätsbegriffes geboten; und die neue Definition mußte unbedingt auch die Wärme *verzehrenden* (endothermen) Vorgänge einschließen. War etwa ein anderer Begriff als eine *Energiegröße* in Betracht zu ziehen? Die primitive Vorstellung meinte die Affinität durch den Begriff der *Kraft* zu erfassen, aber die häufige Anwendbarkeit des Berthelotschen Prinzips bewies doch, daß die Auffassung der Affinität als einer *Energiegröße* bereits einen guten Teil Wirklichkeit wiedergibt. Falsch konnte also nur sein, daß man die Wärmetönung eines Vorganges *unmittelbar* als das zahlenmäßige Äquivalent der Affinitätsgröße ohne Rücksicht auf die Besonderheiten des Vorganges ansah.

Erst *van't Hoff* (1883) hat diejenige Energiegröße erkannt, die die Anforderungen, die wir an den Affinitätsbegriff stellen, erfüllt und die daher als *Affinität einer chemischen Reaktion* zu definieren ist.

Um das Gebiet der umkehrbaren Reaktionen allgemein umfassen zu können, zieht *van't Hoff* vor allem die sogenannte *Gleichgewichtskonstante* *K* chemischer Reaktionen in die Betrachtung hinein. Für den durch die obige Gleichung ausgedrückten Vorgang besitzt *K* den Wert

$$K = \frac{[A] \cdot [B]}{[C] \cdot [D]},$$

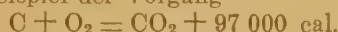
die Größen *[A]*, *[B]* usw. bedeuten die Konzentrationen, mit denen die Stoffe *A*, *B*, *C*, *D* im Gleichgewicht auftreten, d. h. die Anzahl von Gramm-Molekeln, mit denen *A*, *B* . . . im Liter vorhanden sind; die Konzentrationen werden am einfachsten durch die Partialdrucke angegeben. Nehmen wir an, die reagierenden Stoffe seien bei Beginn der Reaktion in den Konzentrationen *a* und *b*, nach Ablauf der Reaktion in den Konzentrationen *c* und *d* zugegen, dann wird offenbar die Affinität der Reaktion

(die Triebkraft, mit der die verschiedenen Stoffe aufeinander wirken) bestimmt: erstens durch die Anfangs- und die Endkonzentrationen der reagierenden Stoffe, zweitens dadurch, wie die Reaktion von sich aus die Konzentrationen verändert. Mit andern Worten: Die Affinität *A* wird sich durch eine Funktion darstellen lassen, die die Konzentrationen *a*, *b*, *c*, *d* und auch die Größe *K* enthält. Diese Abhängigkeit wird nicht nur notwendig, sondern auch hinreichend, wenn man die *Affinitätsgröße identifiziert mit der maximalen Arbeit*, die der Prozeß unter den gegebenen Verhältnissen *aus sich selbst heraus*, d. h. ohne Zufuhr von äußerer Energie, leisten kann. Die maximale äußere Arbeit eines chemischen Vorganges berechnet sich nun für unseren besonderen Fall aus thermodynamischen Überlegungen zu

$$A = RT \left(\ln \frac{a \cdot b}{c \cdot d} - \ln K \right).$$

Der Ausdruck enthält in der Tat die erwähnten Konzentrationsgrößen und die Gleichgewichtskonstante *K*, außerdem aber die absolute Temperatur *T* und die Gaskonstante *R* (= 2 cal). Bemerkenswert ist — gegenüber dem Berthelotschen Prinzip —, daß der Ausdruck die Wärmetönung der Reaktion *nicht* enthält. In solchen Fällen, bei denen das Berthelotsche Prinzip zutrifft (d. h. bei geeigneten exothermen Reaktionen), müssen wir also verlangen, daß die Größe *A*, nach dieser Affinitätsformel berechnet, nahe der Größe der Wärmetönung *U* herauskommt. (Übrigens ergibt sich hierbei *A*, infolge der Größe von *R*, ebenso wie *U* auf Grammmoleküle bezogen.)

Zum Beispiel der Vorgang



d. h. die Verbrennung von amorpher Kohle in Sauerstoff von 1 at zu Kohlendioxyd von 1 at ist durch einen Gleichgewichtszustand hindurchgehend zu denken, bei dem die Körper *C*, *CO*, *CO*₂ und *O*₂ miteinander im Gleichgewicht stehen. Für die vollständige Verbrennung zu *CO*₂ kommt nur die Gegenüberstellung der Stoffe *O*₂ und *CO*₂ in Betracht, deren Gleichgewichtskonzentrationen (Partialdrucke in Atmosphären) betragen:

$$[O_2] = 4,9 \cdot 10^{-19} \text{ at}$$

$$[CO_2] = 7 \cdot 10^{-3} \text{ at}$$

(diese Werte sind aus dem vollständigen Gleichgewicht bei 1000° C zwischen allen angegebenen Komponenten ermittelt).

Berücksichtigt man, daß die Anfangs- und die Endkonzentrationen je 1 at entsprechen, und stellt man die absolute Gleichgewichtstemperatur *T* = 1273° in Rechnung, so ergibt sich die Affinität der Reaktion nach obiger Formel:

$$A = 2 \cdot 1273 \cdot \left(\ln \frac{1}{1} - \ln \frac{4,9 \cdot 10^{-19}}{7 \cdot 10^{-3}} \right) = 94\,000 \text{ cal};$$

die *direkt gemessene* Verbrennungswärme beträgt *U* = 97 650 cal. Hiermit ist erwiesen, daß die *A*-Formel den Anforderungen des Affinitätsbegriffes genügt. Der Vorgang geht

nämlich tatsächlich unter Leistung einer gewaltigen äußeren Arbeit vonstatten, die einem Wärmewert von 94 000 cal gleichkommt.

Überraschen dürfte aber dennoch, daß, wie nach dem Berthelotschen Prinzip (S. 886 unten) vorausgesagt, auffallend genau die Wärmetönung der Reaktion durch eine Rechnung herauskommt, in der, abgesehen von der Temperatur, keine unmittelbar thermischen Daten enthalten sind. Das soll uns auf Zusammenhänge zwischen den bisher getrennt behandelten Größen Wärmetönung und Affinität zu sprechen bringen, die alsbald die Einheitlichkeit des ganzen Bildes dartun werden. Die Gleichgewichtskonstante K nämlich, welche den Stand der Reaktion bei jeder Temperatur charakterisiert, ist natürlich eine Funktion der absoluten Temperatur. Es heißt dies nichts anderes als: Jede Reaktion besitzt bei jeder bestimmten Temperatur einen bestimmten Gleichgewichtszustand. Der Grad dieser Abhängigkeit ist von der Größe der Wärmetönung der Reaktion bestimmt, und zwar nach *van't Hoff* durch:

$$-\frac{d \ln K}{dT} = \frac{U}{RT^2}.$$

Vereinigen wir nun diese Gleichung mit der Gleichung für A derart, daß wir zunächst $\frac{dA}{dT}$ bilden und dann hierin für das auftretende $\frac{d \ln K}{dT}$ den Ausdruck $\frac{U}{RT^2}$ einführen, so kommen wir zu einer Relation

$$A = U + T \cdot \frac{dA}{dT},$$

die die Affinität neben der Wärmetönung enthält und unter dem Namen *Helmholtzsche Gleichung* bekannt ist.

Sie umfaßt beide Energiegrößen und läßt ihre Stellung zueinander erkennen. Abgesehen aber von der besonderen Bedeutung, die diese Gleichung für Affinität und Wärmetönung einer Reaktion besitzt, ist sie von allgemeiner Bedeutung für alle Naturvorgänge, da sie die beiden ersten Hauptsätze der Thermodynamik zusammenfaßt. In dieser Allgemeinheit haben die Größen U und A eine viel umfassendere Bedeutung: U ist die *Energieänderung* des Systems (Energie in der weitesten Bedeutung, nicht nur Wärmeenergie) und A die von ihm dabei geleistete maximale äußere Arbeit.

Wir weichen scheinbar vom Thema ab.

Aber gerade daß wir von einem speziellen Vorgang (der chemischen Reaktion, mit einer vielleicht immer noch willkürlich anmutenden Interpretation für die Affinität) ausgegangen und nun rückwärts zu einer fest fundierten, allgemein gültigen Beziehung gelangt sind, dürfte den Größen U und A für den besonderen Fall mehr Leben verleihen. U ist eben diejenige Energiegröße, welche das thermische Kapital der handelnden Stoffe darstellt — die Affinität A charakterisiert die Mächtigkeit des Systems nach außen hin. Und von dem Zusammen-

hang dieser beiden Größen handelt die *Helmholtzsche Gleichung*.

Die übliche Ableitung dieser fundamentalen Gleichung geschieht freilich in anderer Weise, als wir sie soeben gegeben haben. Man geht nämlich von der allgemeinen Frage aus, ob eine gegebene Wärmemenge bei gleichzeitiger Temperaturänderung restlos in Arbeit verwandelbar ist. Mit Hilfe des sogenannten Carnotschen Kreisprozesses läßt sich zeigen, daß das in keinem Falle möglich ist¹⁾, vielmehr ist selbst bei günstigster Anordnung des Vorganges immer nur ein bestimmter Anteil der gegebenen Wärmemenge in mechanische Arbeit verwandelbar. Dieser Anteil ist für jenen günstigsten Fall, wo also die maximale Arbeit gewonnen wird:

$$A = \frac{T_2 - T_1}{T_2} Q,$$

wenn Q die bei der Temperatur T_2 vorgegebene Wärmemenge bedeutet, die bei der Abkühlung des Wärmeträgers von T_2 auf T_1 die Arbeitsmenge A hergibt. Diese Beziehung beherrscht z. B. auch die Wirksamkeit der Wärmekraftmaschinen und zeigt die Größe ihres Nutzeffektes:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

in seiner Abhängigkeit von den Grenztemperaturen T_2 und T_1 . Rücken die Temperaturgrenzen dicht aneinander, bekommt A dabei den Charakter des Differentials:

$$dA = \frac{dT}{T} Q,$$

führt man ferner an Stelle von Q die aus dem ersten Hauptsatz folgende Beziehung ein:

$$U = A - Q$$

(Energieabnahme U des Systems gleich der von dem System geleisteten Arbeit A vermindert um die dem System zugeführte Wärme Q), so ergibt sich unmittelbar die *Helmholtzsche Gleichung*:

$$A - U = T \cdot \frac{dA}{dT}.$$

Der charakteristische Unterschied dieser Gleichung und der Gleichung

$$A = \frac{T_2 - T_1}{T_2} Q$$

besteht darin: die *Helmholtzsche Gleichung* enthält an Stelle der zugeführten Wärme Q (der besonderen Energieform) die weit allgemeinere Größe U , die Änderung der Gesamtenergie des Systems. Ferner aber, und das ist das weit wichtigere, spricht sie aus, wie die Energie- und die Temperaturgrößen mit dem *Temperaturkoeffizienten* von A zusammenhängen. Im Sinne dieser Beziehung heißt A nach *Helmholtz* sehr zutreffend „freie Energie“; denn hier steht die Größe A allein der Gesamtenergie U (nicht bloß der

¹⁾ Die vollständige Umwandlung von Wärme in Arbeit ist nur bei einem isotherm verlaufenden Vorgang möglich, z. B. bei der isothermen Dilatation oder Kompression eines idealen Gases.

Wärmeenergie Q) gegenüber und bedeutet den Anteil der Gesamtenergie, der bei dem reversibel geleiteten Vorgang „frei“ zur Überführung in äußere Arbeit — und zwar in maximo — zur Verfügung steht. Die Identifizierung der Größe A mit der Affinität einer chemischen Reaktion dürfte nunmehr fast als eine logische Notwendigkeit erscheinen, denn dem Affinitätsbegriff liegt schließlich nicht so sehr die Frage nach der *Energieänderung* der Stoffe nahe, als vielmehr die Frage, welche Mächtigkeit der Vorgang, als ausbeutbare Energiequelle betrachtet, der *Umgebung* gegenüber besitzt.

Ein Beispiel für den Zusammenhang zwischen U , A und dem Temperaturkoeffizienten von A : Für den Verbrennungsvorgang von Kohle und Sauerstoff hatten sich die Größen A und U als praktisch gleich groß erwiesen, d. h. die Affinität dieser Reaktion ist von der Temperatur so gut wie unabhängig. Bei anderen Reaktionen finden wir indessen das Berthelotsche Prinzip durchaus nicht bestätigt, so etwa bei der Reaktion:



Wir verstehen unter A wieder die Arbeit in cal, die in maximo der Vorgang leistet, wenn 2 Mol H_2 von der Konzentration, die 1 at Druck entspricht, sich mit 1 Mol O_2 von der Konzentration 1 at zu 2 Molen Wasser von der Konzentration 1 at vereinigen. Die für verschiedene Gleichgewichtstemperaturen wie S. 887 unten errechneten Werte für A stehen in Tabelle 4 den Wärmetönungen U gegenüber, die ihrerseits (s. Abschnitt 2) von der Temperatur abhängig sind.

Tabelle 4.

T (abs.)	A	U	$\frac{A-U}{T}$	$\frac{A T_2 - A T_1}{T_2 - T_1}$
500	109 600	116 400	-13,6	} -15,6
1500	94 000	119 400	-16,9	
2500	76 300	122 400	-18,4	
			Mittel -15,3 -17,7	

Man sieht: A ist hier stets kleiner als U , und der Unterschied wächst sogar mit steigender Temperatur beträchtlich. Bilden wir den Quotienten $\frac{A-U}{T}$ für die angegebenen Temperaturen, so

sehen wir, daß diese Werte (der Helmholtzschen Gleichung gemäß) deutlich mit dem mittleren Temperaturkoeffizienten übereinstimmen, z. B.

$$\frac{A_{1500} - A_{500}}{1500 - 500} = \frac{94\,000 - 109\,600}{1\,500 - 500} = -15,6.$$

Also: die Änderung der Gesamtenergie (U) ist bei 2500° erheblich größer als bei gewöhnlicher Temperatur, die freie Energie A aber bei der hohen Temperatur 30% kleiner als bei der niedrigen. Trotz der steigenden Wärmetönung wird also die Affinität zwischen Wasserstoff und Sauerstoff mit wachsender Temperatur geringer — ein deutlicher Beweis für den Einfluß des Temperaturkoeffizienten von A auf den Zusammenhang von A und U .

(Schluß folgt.)

Die biologischen Aufgaben des Vogelgesanges.

Von Prof. Fritz Braun, Deutsch-Eylau.

Das Streben, alle Vorgänge des tierischen Lebens in ihrer kausalen Verknüpfung zu erkennen, ist in unserer Zeit besonders groß. Schon im Schulunterricht wurde die beschreibende Naturwissenschaft immer mehr zur erklärenden. Um das zu erkennen, braucht man nur die trefflichen Lehrbücher von *Schmeil* zu durchblättern. Allerdings führte diese Neigung, die heutzutage infolge mancher üblen Erfahrungen schon wieder nachzulassen scheint, auch zu vielen Übertreibungen; mancher Erklärungsversuch, der ganz einleuchtend dünkte, traf darum doch nicht das Rechte. So hieß es beispielsweise im *Schmeil* noch vor kurzem, die Singvögel ließen ihre Lieder ertönen, um die brütenden Weibchen zu unterhalten.

Es verlohnt sich wohl, diesen Erklärungsversuch einmal näher zu beleuchten, da er für das ganze Verfahren in ähnlichen Fällen recht bezeichnend ist. Wenn wir rasch über die Stelle hinweglesen, halten wir die Sache wohl für erledigt; bei näherer Betrachtung gelangen wir aber zu der Erkenntnis, daß bei solchen Erklärungsversuchen mitunter recht in den Tag hineingeredet wird; ist es doch schon unzulässig, in vermenschlicher Art dem brütenden Weibchen den Zustand der Langeweile anzudeuten. Wie wir sehen werden, verhalten sich denn auch die Dinge in Wirklichkeit ganz anders.

Um zu zeigen, wie wenig sich selbst alte Tierpfleger hinsichtlich der biologischen Deutung des Gesanges Rats wissen, möchte ich *Otto Brückner* (Gef. Welt XLVIII, S. 93) von einer hübschen, gerade für uns sehr wertvollen Beobachtung hier ausführlich berichten lassen. Die betreffende Stelle lautet:

„Ich selbst habe hinter meinem Hause einen großen Garten und einen Nachbargarten nach der Straßenseite. Schon hier sind meine Erlebnisse alle Frühjahr dieselben. Die Buchfinken stelle ich vor die Fenster, sobald die Liebesperiode beginnt. Im letzten Frühjahr rief mir meine Frau plötzlich zu: „Komm rasch, vor dem Fenster beginnt schon wieder die Komödie!“ Ja, Komödie im wahrsten Sinne des Wortes. Pink, pink und sitt, sitt, ditt, ditt im Garten und gleichzeitig ebenso im Hoffenster und mit einem „Schnepps“, man hört den Schnabel deutlich zusammenschlagen, saß der wilde auf dem Käfig des zahmen Vogels, und beide sahen sich mit aufgesperrten Schnäbeln an. Zu gleicher Zeit stand ein anderer Fink auf dem Flur nach der Straßenseite, aber innen vor dem Fenster. Hier hüpfte Meister Fink aus Nachbargarten schon lange vor dem Fenster auf und ab und hackte aus Leibeskräften gegen die Scheibe, um auch hier seinem Nebenbuhler zuleibe gehen zu können. Das Fenster aufgemacht, kletterte dieser sofort auf dem Käfig herum, ohne mich überhaupt zu

sehen. Beide Vögel waren für mich unbrauchbar, dennoch fing ich aber der Wissenschaft halber den Vogel im Hoffenster. Dieser war dermaßen liebestrunken, daß ich ihn an diesem Vormittag wenigstens sechsmal in der Hand hatte. Ließ ich diesen Vogel los, so flog er nicht etwa davon, sondern blieb stets gleich auf dem Käfig und kletterte weiter auf diesem herum. Zu Mittag in den Käfig gesetzt, schlug dieser Vogel unaufhörlich bis abends gegen 5 Uhr. Plötzlich sah er sich im Zimmer alles an, fing an zu toben und schien jetzt erst zu merken, was mit ihm vorgegangen war. Mir kam es vor, als presse der Ärger diese Schläge heraus, denn der Vogel wollte, konnte aber nicht nach seinem Nebenbuhler, zumal er, immer schlagend, an die Käfigseite in der Richtung nach ihm sprang. So geht die Kletterei an den Käfigen wenigstens zehn Tage. Die armen Weibchen aber sitzen traurig in nächster Nähe auf einem Baum oder Dach und bedauern, daß sie so nutzlos um die schöne Zeit ihrer jungen Liebe gebracht werden; sie möchten doch ihre Männchen so gern für sich haben. Schließlich fliegen auch sie herbei, um ihrem Gemahl mit raufen zu helfen, sehen aber die Zwecklosigkeit bald ein, fliegen ärgerlich wieder ab, als dächten sie: „Stimmt das auch mit deinem Liebsten?“

Wenn es uns gelingt, das Verhalten dieser Buchfinkenmännchen zu erklären und die schiefen Ausdrücke, die in dem Bericht der tatsächlichen Vorgänge enthalten sind, zu berichtigen, werden wir in der Erkenntnis der biologischen Aufgaben des Gesanges ein gut Stück weiter gekommen sein.

Zuerst wollen wir einmal feststellen, was in dem angeführten Abschnitte eigentlich berichtet wird. Als handelnde Personen treten bei den geschilderten Vorgängen nur Männchen auf. Ihre Weibchen werden zwar zum Schluß auch erwähnt, doch gewinnen wir den Eindruck, daß hier die Einbildungskraft des Berichterstatters mit ihm durchging, so daß uns diese Sätze ein gutes Beispiel dafür bieten, wie früher auch gelehrtere Beobachter Vorgänge aus dem Tierleben zu deuten pflegten.

Brückner erzählt uns des weiteren, die Finken seien in einem so hohen Erregungszustand gewesen, daß der alle anderen Triebe und Reflexe ausschaltete; wird doch weder den Weibchen noch dem die Sänger bedrohenden Menschen die geringste Beachtung zuteil. Zum dritten wird es als ganz selbstverständlich angenommen, daß sich die freilebenden Finken ihren gefangenen Artgenossen in feindlicher Absicht zu nähern suchen.

Alles das will zu der eingangs erwähnten Auffassung, nach der die Vögel singen, um ihren brütenden Weibchen über die Langeweile des Brutgeschäftes hinwegzuhelfen, nur wenig stimmen. Offenbar dient hier der Gesang ganz anderen Zwecken, die in Beziehungen zwischen den Buchfinkenmännchen gesucht werden müssen. In Berücksichtigung ähnlicher Tatsachen hat nun auch

schon längst *Bernhard Altum* in seinem trefflichen, in vielen Auflagen verbreiteten Buche „Der Vogel und sein Leben“ (Münster i. W., Verlag von Heinrich Schönigk) des näheren auseinanderzusetzen, daß jene Meinung, welche die Singvögel ihre Weisen zur Unterhaltung der brütenden Weibchen vortragen läßt, einer logischen Nachprüfung nicht standzuhalten vermag. Wenn es sich wirklich so verhielte, müßte der Gesanges-eifer der Männchen ja während der Brütezeit immer größer werden und bei den Singvögeln, die mehrere Bruten in einem Sommer großziehen, während der zweiten Brut größer sein als bei der ersten, um bei manchen Arten dann erst gegen den Schluß einer dritten Brut seinen Höhepunkt zu erreichen.

In Wirklichkeit ist aber das Gegenteil der Fall. Gerade vor dem Brutgeschäft ertönen die Lieder am feurigsten und lautesten, und anstatt daß sie bei späteren Bruten an Kraft und Fülle gewinnen, werden der Fleiß und die Leidenschaftlichkeit der Sänger dann immer geringer.

Um dieses Sachverhaltes willen suchte schon *Altum* die Gründe des Vogelgesanges weniger in Beziehungen der Männchen zu den Weibchen, als vielmehr in solchen der Männchen zueinander. Einmal, so meinte er, hatten die Vogellieder zwar den Zweck, die Weibchen den Männchen zuzuführen, indem sie ihnen deren Aufenthalt verraten; zum anderen solle aber durch sie ein zeitweiliger Fehdezustand zwischen den gleichartigen Männchen herbeigeführt werden, um zu verhindern, daß sich die Paare so dicht nebeneinander ansiedeln, daß die einzelnen Reviere die junge Brut nicht zu ernähren vermöchten.

Den ersten Gesichtspunkt völlig abzulehnen, liegt wohl kaum eine Veranlassung vor, doch scheint *Altum* hier die von ihm selber immer wieder mit Recht hervorgehobene Tatsache, daß gerade bei den lautesten Sängern die Männchen sehr viel zahlreicher sind als die Weibchen, nicht genügend gewürdigt zu haben. Danach läge es doch viel näher, daß x . Weibchen durch Lautzeichen ihren Aufenthaltsort verrieten, als daß $x.y$. Männchen sich dieser Aufgabe unterzögen.

Man neigte früher ganz im allgemeinen viel zu sehr dazu, die biologischen Aufgaben des Gesanges auf dem Gebiete der *geschlechtlichen* Zuchtwahl zu suchen, indem man meinte, die Weibchen würden unter den Freiern jenen Männchen den Vorzug geben, die sie durch die Kraft und Leidenschaftlichkeit ihrer Lieder in den höchsten Erregungszustand versetzten. Rein logisch wäre ja auch an einer solchen Schlußfolgerung nichts auszusetzen, doch hätte ein Forscher, der damit die Sache für erledigt hielt, zu viel gedacht und zu wenig beobachtet. Oder wäre jemand dessen Zeuge geworden, daß vier, fünf Männchen einem Weibchen ihre Lieder vorgetragen hätten, welches sich dann für einen der Sänger entschied? Gerade bei den Vogelarten, deren Sangsgabe am höchsten entwickelt ist, finden wir

viel mehr Männchen als Weibchen. Die Auswahl der Paare kommt infolgedessen weit mehr durch natürliche als durch geschlechtliche Zuchtwahl zustande, indem die Männchen miteinander kämpfen und dem Stärksten das Brutrevier und die Braut zufällt. Bei diesem Tatbestande müssen wir den Gesang in erster Linie als Brunstruf bezeichnen, d. h. als ein Tonzeichen, das den artgleichen Männchen gilt und sie zum Brunstkampfe herausfordert.

Als ich zum ersten Male mit dieser Deutung der Dinge hervortrat, gab man wohl zu, daß daran viel Wahres sei, fühlte sich aber zu dem Vorwurf berechtigt, meine Ansicht sei einseitig und bemühe sich nicht, den anderen biologischen Aufgaben des Gesanges gerecht zu werden.

Ich will es nicht leugnen, daß ich durch solche Einwände an meiner Meinung selber bis zu einem gewissen Grade zweifelhaft wurde, doch hatte jede ernstliche Nachprüfung nur den Erfolg, die Zweifel zu zerstreuen und mich in meinem Glauben zu bestärken. Daß der Gesang auf das Zusammenbringen der Paare von Einfluß ist, soll nicht geleugnet werden, und ebenso muß man zugeben, daß er die geschlechtliche Erregung der Weibchen steigert. Wollen wir jedoch eine seiner biologischen Aufgaben in den Vordergrund rücken, so darf es sich dabei nur um seine Rolle als Brunstruf handeln; bei jeder anderen Anordnung des Stoffes wird die Darstellung schief und führt den Leser nur in die Irre.

Eigentlich erübrigte es sich, noch besonders hervorzuheben, daß derlei Fragen weder durch reine Denkarbeit noch durch die Tätigkeit in Laboratorien irgendwelcher Art geklärt werden können. Zu erfolgreicher Tätigkeit auf diesem Arbeitsfelde genügt auch die beste zoologische Vorbildung nicht; wer sich im jüngsten Semester mit den Fortpflanzungsorganen der Regenwürmer beschäftigt hat und nur zur Abwechslung die gleiche Zeit dem Studium des Vogelgesanges widmen möchte, wird uns durch seine Bemühungen höchstens in physiologischer, sicher nicht in biologischer Hinsicht fördern können. Um auf diesem Arbeitsfelde die Einzelbeobachtung richtig einschätzen zu können, bedarf es der Erfahrung langer Jahre, deren Niederschlag eine Urteilsfähigkeit liefert, zu der alles Buchwissen und alle logische Schulung allein dem Forscher niemals verhelfen können.

Aber auch im allergünstigsten Falle, wenn logische Vorbildung und sinnliche Erfahrung bei ihm in dem denkbar günstigsten Verhältnis zueinander stehen, wird er sich der Unvollkommenheit menschlicher Urteilsfähigkeit immer bewußt bleiben müssen. Selbst bei einem Bernhard Altum, der, wie kaum ein zweiter, unsere Erkenntnis der biologischen Aufgaben des Vogelgesanges zu fördern berufen, werden wir dessen immer wieder gewahr. Es ist nun einmal nicht anders, als daß bei solchen Fragen nicht nur das logische Denken, sondern auch der Wille, der

das zu erreichende Ergebnis der Denk- und Forschertätigkeit schon viel zu früh vorausnimmt, eine entscheidende Rolle spielt. So war Altum ganz mit Recht von der Überzeugung durchdrungen, daß der Gesang bei dem Fortpflanzungsgeschäfte seine Hauptrolle spiele. Aus diesem Vordersatz glaubte er nun eine Reihe von Folgerungen ziehen zu dürfen; zu ihnen gehörten unter anderem auch die, daß der Gesang sich nur bei fortpflanzungsfähigen Vögeln zeigen dürfe und während der geschlechtlich neutralen Zeit des Jahres verstummen müsse. Um an diesen logischen Folgerungen nicht irre zu werden, behandelt er nun die sehr häufigen Ausnahmefälle, die mit ihnen nicht übereinstimmen, als so nebensächlich, daß man sich des Vorwurfs kaum entschlagen kann, sein Wille habe hier der eigenen, so überaus reichen Erfahrung Gewalt angetan.

Daß den Forschern die außerhalb der Fortpflanzungszeit stattfindenden Gesangesübungen und die Sangesgabe mancher Jungvögel und Vogelweibchen, soviel Unbehagen erregte, lag daran, daß ihnen die biologische Bedeutung des Spiels noch nicht genügend aufgegangen war, um dessen richtige Würdigung sich der Gießener Philosoph Groos so hohe Verdienste erworben hat.

Überall im tierischen Leben machen wir die Wahrnehmung, daß solche Bewegungsgruppen, welche die Tiere zwecks ihrer Ernährung, Fortpflanzung und Sicherung häufig ausführen müssen, auch sonst ohne äußere Veranlassung reichlich geübt werden, und zwar beschränken sich derlei Übungen durchaus nicht auf die eigentliche Jugendzeit, so sehr das Spiel auch gerade in diesem Lebensabschnitt in den Vordergrund treten mag. Auch noch in höherem Lebensalter dürfen wir die Lebensstage der Tiere nicht etwa schlechthin derart einteilen, daß wir den einen Teil der Zeit lebenserhaltenden, auf ein bestimmtes, notwendiges Ziel gerichteten Bewegungen, den anderen dagegen der Ruhe überweisen. Gar leicht würde dabei in vielen Fällen ein Verhältnis zwischen beiden herauskommen, bei dem die Ruhe nicht mehr lebensfördernd, sondern erschlaffend und lebensfeindlich wirken möchte. Jene Bewegungsmenge, deren das Tier bedarf, um den schädlichen Folgen der Ruhe entgegenzuwirken und vor allem durch funktionellen Reiz die Leistungsfähigkeit der Organe zu steigern, wird von den Tieren beim Spiel geleistet. So weiß auch schon ein jeder, daß ein mutiges Roß, das in die Hürde gebannt ist, die im Käfig gehaltene Meisenfamilie, der Papagei im Bauer, die Affenschar im Zoologischen Garten nicht nur solche Bewegungen ausführen, deren unumgängliche Notwendigkeit sich in jedem Einzelfall nachweisen läßt. Ja, der Beobachter wird sich gar nicht abmühen überall solche Beziehungen nachzuweisen, sondern er begnügt sich damit, die biologische Bedeutung jener Bewegungen durch die Angabe zu kennzeichnen, daß die Tiere spielen.

Um solch spielerische Tätigkeit handelt es sich

auch, wenn wir während der geschlechtlich neutralen Zeit des Jahres singenden Vögeln begegnen. Da solche Fälle sich mit dem bereits fertigen Urteil unseres *Altum* nicht vertragen wollten, suchte er sich über die Schwierigkeit mit der Behauptung hinwegzuhelfen, daß es sich bei den Herbst- und Wintersängern um Vögel handele, die *potentia* wieder fortpflanzungsfähig seien und nur deshalb nicht zur Fortpflanzung gelangten, weil ihre Umwelt nicht alle Voraussetzungen erfüllt, die nötig sind, damit die betreffenden Arten zur Brut schreiten können.

So wird das logische Gefüge seines Lehrsystems zwar gestützt und aufrechterhalten, doch möchten wir vermeinen, *Altum* sei in dem Streben, seine eingangs aufgestellten Regeln zu erweisen, hier doch etwas willkürlich vorgegangen. Beispielsweise hielt ich Jahr und Tag in meinen Flugkäfigen eine große Anzahl von Bastarden finkenartiger Vögel, die im Herbst so fleißig sangen, wie man das nur wünschen konnte. Trotzdem möchte ich nicht annehmen, daß jene Blendlingsmännchen sich bereits in einem Zustande geschlechtlicher Erregung befanden. Es waren vorwiegend solche Blendlinge, die in einer Richtung von Kanarien oder anderen Girlitzarten abstammten, d. h. von Vögeln, die in geschlechtlich erregtem Zustande zu den erbittertsten Brunstkämpfen gehören und dieser Leidenschaft in jedem Frühling und Sommer, mitunter buchstäblich bis zum letzten Atemzuge, frönen. Wenn diese Vögel nun im Herbst, so eifrig sie auch singen mögen, in kleinen Gesellschaftskäfigen friedlich beisammen sitzen, kann ihre geschlechtliche Erregung nur so gering sein, daß ihr schlechterdings bestenfalls nur theoretische Bedeutung zukäme. Nein, diese Tiere sind dann ebensowenig geschlechtlich erregt, wie die Wasseramsel (*Cinclus merula* [J. C. Schäff]) und der Zaunkönig (*Troglodytes troglodytes* L.), die im Mittwinter bei klarem, klingendem Frost ihre Weisen singen, sondern sie üben nur spielerisch eine Tätigkeit, die ihnen während der nächsten Brutperiode von Nutzen sein wird.

Außerdem drängt sich jedem, welcher zur Herbstzeit den spielerisch geübten Liedern der Singvögel lauscht, ganz von selbst die Überzeugung auf, daß er es hier nicht mit einem unmittelbaren Ausdruck des Brunsttriebes zu tun hat. Während die Töne im Frühling mitunter nur so hervorgehört kommen wie die an Klippen rüttelnden Wellen eines Gießbaches, pflegen sich die Strophen der Herbstlieder in viel gleichmäßigerem, rezitativerem Vortrage zu folgen. An Leidenschaft und Feuer vermögen sie mit den lenzigen Weisen keinen Vergleich auszuhalten, doch übertreffen sie das eigentliche Brunstlied dafür wieder an Harmonie und gefälliger Form. Nicht selten liegen die Dinge so, daß wir bei der spielerischen Übung des Gesanges ein langes, strophenreiches Lied zu hören bekommen, während im Frühling bei hoher geschlechtlicher Erregung nur einige

klangvolle, ja gellende Rufe hervorgestoßen werden. So dürfte das leise, drosselartige Lied des Pirols (*Oriolus oriolus* L.) ein durch spielerische Übung gewonnener Besitz dieser Art sein, aus dem sich der laute Frühlingsruf herauslöste, weil er den Aufgaben eines Brunstrufs am besten entsprach.

Es gibt sogar Arten, bei denen die spielerische Übung des Gesanges zur Herbstzeit auffälliger ist als das Frühlingslied. Zu ihnen gehört beispielsweise der Feldsperling (*Passer montanus* L.). Er ist sicherlich kein großer Künstler, doch dient sein Getöse ja immerhin den biologischen Aufgaben des Gesanges. Die Parkstraße, in der ich wohne, durchzieht eine Waldlichtung, wo der Haussperling nur selten vorkommt, der Feldsperling dagegen um so häufiger ist und sich im Herbst zu großen Gesellschaften zusammenfindet. Wenn man nun an einem schönen Herbstabend den musikalischen Darbietungen solcher Flüge, die sich am liebsten in den Weißbuchenhecken zusammenfinden, eine Weile gelauscht hat, wird man mitunter ganz irre an der Vorstellung, daß man nur Feldsperlinge vor sich hat, denn manche Lautreihen müssen durchaus wohltonend und harmonisch genannt werden. Die größere Mannigfaltigkeit der lautlichen Reize, welche im Herbst auf jedes Mitglied dieser durcheinanderzirkelnden Vogelscharen einwirken, bringt es mit sich, daß die spielerischen Gesangesübungen der Feldsperlinge größere Bedeutung haben als ihr leidenschaftlicheres Brunstgetöse.

Es ist eine alte Erfahrung, daß jede Erregung die Tiere veranlaßt, solche Bewegungen auszuführen, welche von ihnen am häufigsten spielerisch geübt werden. Besteht nur ein allgemeiner, auf kein bestimmtes Ziel eingestellter Bewegungsreiz, so nehmen sie eben die Bewegungen vor, auf die ihr Organismus am besten eingestellt ist. Deshalb könnte man auch leicht nachweisen, daß Erregungen der verschiedensten Art die Singvögel dazu bringen, ihre Weisen hören zu lassen. Noch vor kurzem erschienen in den Zeitschriften der Vogel Liebhaber ganze Reihe von Aufsätzen, die sich mit dem sogenannten Schwanenliede der Singvögel beschäftigten. Es besteht auch gar kein Zweifel, daß unter gewissen Umständen der Schmerz ebensogut wie ein Lustgefühl den Gesang hervorrufen kann. Wenn jedoch ein erfahrener Vogelpfleger den Schatz seiner Erfahrungen vorurteilslos begutachtet, wird er uns wohl darin beipflichten, daß die Lieder seiner Pfleglinge dann am feurigsten sprudeln, wenn Kampflust und Streitbegier die Sänger in Erregung versetzen. Nie sang ein Leinfinkenbastard (*Fringilla canaria* × *Acanthis linaria* L.) bei mir feuriger als damals, wie ich ihn im Kampf mit einem wehrhaften Grünfinkenmännchen (*Chloris chloris* L.) überraschte. Der stärkere Gegner hatte den Bastard arg zerzaust. Sein Kopf war blutüberströmt und ein Auge unter den verklebten Federchen verschwunden; außerdem hatte der dicke

Grünfinkenschnabel einen Lauf des Feindes dicht über den Zehen durchbissen. Aber mochte der geschundene Bastard auch nach jedem Angriff hilflos und erschöpft zu Boden sinken, immer wieder strebte er mit schallendem Liede empor, um den aussichtslosen Kampf fortzusetzen. Selten ist mir in einem Einzelfalle der Charakter des Gesanges als eines Brunstrufes so klar geworden wie in jener Stunde.

Es könnte dem Leser auffallen, daß hier der Brunstkampf zwischen *artverschiedenen* Vögeln ausgefochten wurde. In der Natur dürfte das kaum vorkommen. Dort pflegt nur der Gesang gleichartiger Männchen die Vögel in brünstige Erregung zu versetzen. Fehlt dagegen in der Gefangenschaft dieser Reiz, so machen bald stellvertretende Reize ihren Einfluß geltend, und zwar werden in der Regel die Brunstkämpfe zwischen den Vögeln ausgefochten werden, die am nächsten miteinander verwandt sind. Hausen z. B. in demselben Gesellschaftsbauer europäische Girlitze (*Serinus hortulanus* Koch) mit ihren afrikanischen Verwandten und europäische Grünfinken (*Chloris chloris* L.) mit dem ostasiatischen Vetter zusammen, so werden Fehden zwischen Girlitzen und Grünfinken sehr selten sein und die Vettern ihre Kämpfe unter sich ausfechten. Erst wenn die naheverwandten Arten entfernt wären, würden die Girlitze mit den Grünfinken zu kämpfen beginnen. Ebenso möchte ein europäischer Singvogel, den man zur Brunstzeit in Nordamerika fliegen ließe, sicherlich bald die Art herausfinden, die mit ihm am nächsten verwandt ist, um sich mit deren Männchen im Brunstkampf zu messen.

Im übrigen finden wir hinsichtlich der neben-sächlichen Gründe, welche den Vogel zum Singen veranlassen, viele individuelle Unterschiede. Von zwei Sängern der gleichen Art, die wir im Einzelkäfig verpflegen, wird vielleicht der eine durch jeden Wechsel des Standortes vergrämt, während wir den anderen nur an einen ungewohnten Platz zu stellen brauchen, um ihn sofort zum Singen zu veranlassen. Dabei lassen sich manche Wahrnehmungen wohl verallgemeinern. So pflegen die Vögel fleißiger zu singen, wenn wir ihre Käfige aus der dumpfen Stubenluft ins Freie bringen, doch wohl aus dem Grunde, weil dadurch ihr Wohlbefinden vergrößert, zumeist wohl auch ein schon vorhandener Erregungszustand gesteigert wird.

Wir dürfen die Sache jedoch nicht so auffassen, als ob die spielerische Übung in jedem Einzelfall und bei jedem Individuum notwendig wäre, um eine halbwegs vollkommene Gesangsübung zu ermöglichen. Ich hielt einst einen Grauedelsänger (*Fringilla musica* Vicill.), der in Jahren niemals einen einzigen Ton hatte hören lassen, so daß ich den Vogel längst für ein Weibchen hielt. Infolgedessen wollte ich in dem Flugkäfig, den er bewohnte, noch einen anderen Edelsänger unterbringen, der mir eben vom Vogelhändler gesandt worden war. Kaum hätte der an-

dere Vogel aber den artgleichen Ankömmling erblickt, da rüstete er sich auch schon zum Kampfe und stieß so laute, metallische Gesangesstrophen hervor, daß ich mich nicht erinnere, jemals einen Grauedelsänger voller und besser singen gehört zu haben. Um einen blutigen Zusammenstoß der ritterlichen Zwerge zu verhüten, mußte ich die beiden Vögel eilends trennen. Darauf ist dann der ältere Vogel sanglos durch das Leben und aus dem Leben gegangen.

Aber mag die spielerische Übung auch nicht erforderlich sein, im Einzelfalle eine vergleichsweise vollkommene Gesangesübung zu gewährleisten, so unterliegt es doch wohl keinem Zweifel, daß die Gesangsfähigkeiten *der Art* durch die häufigen spielerischen Übungen wesentlich gesteigert werden.

Von den spielerischen Gesangesübungen vieler Vogelarten werden wir nur deshalb nicht öfters Zeuge, weil sie als Zugvögel in die Fremde ziehen. Über die Gesangesleistungen der eigentlichen Zugvögel im Winterquartier sind wir allerdings nur schlecht unterrichtet, doch dürfen wir wohl annehmen, daß, ebenso wie der Zugtrieb zur Zeit seiner vollen Entfaltung den Sangestrieb wirksam unterdrückt, dieser beim Erlöschen, ja schon bei zeitweiligem Zurückdämmen des Zugtriebes wieder zur Geltung kommt. Grasmückenarten (*Sylvidae*), die auf der bithynisch-thrazischen Landbrücke durch starken Südwind zurückgehalten wurden, dichteten halblaut in den Lorbeer- und Brombeerhecken und kamen in meinen Käfigen sehr bald in lauterem Gesang, geradeso wie einmal ein im August bei Konstantinopel erbeuteter Pirol (*Oriolus oriolus* L.) in meiner Wohnung nach einigen Tagen wiederholt seinen lauten Ruf hören ließ, obwohl ich den von durchziehenden Pirolen dort niemals vernommen habe. Niemand, der diese Fragen behandelt, sollte die hübsche Arbeit des Privatdozenten Dr. Böker (Freiburg) „Der Herbstgesang der Buchfinken“ (Ornithologische Monatshefte XLIV, 63) außer acht lassen. Daß wir uns nicht allen Folgerungen des Verfassers anschließen können, tut ihrem Werte sicherlich keinen Eintrag; ist es doch schon ein Verdienst, viele Fragen, die dort behandelt werden, planvoll zur Sprache gebracht zu haben. Böker behandelt dort auch ganz allgemeine Dinge. „Zu jeder Ausübung des Gesanges,“ sagt er, „im Gegensatz zu Lautäußerungen allgemeiner Art, hält man ziemlich allgemein zwei Vorbedingungen unerläßlich. Erstens muß sich der Vogel bei gutem Kräftezustand befinden, er muß sich wohl fühlen, ein Überschuß an Lebensenergie (*Spencer*) ist gar nicht einmal notwendig, und zweitens muß ihn ein psychischer Reiz zu seinem Gesange anregen.“

Hier betont der Verfasser den psychischen Reiz wohl zu stark. Unzweifelhaft ist der bei dem Brunstgesang erforderlich; bei der spielerischen Ausübung des Gesanges braucht er wohl nicht vorausgesetzt zu werden. Befindet sich da der

gesunde Vogel in dem erforderlichen Zustande der Muße, so dürfte der *spielerische* Vortrag des Liedes durch irgendeinen Ton, irgendeinen Reiz des Gehörnervs bereits ausgelöst werden, durch allerlei beiäufliche Zufälligkeiten, denen wir allzuviel Ehre antäten, wenn wir sie als psychische Reize bezeichneten.

Ganz und gar greift dann unserer Meinung nach der Verfasser vorbei, wenn er den *Wandertrieb* als einen psychischen Reiz bezeichnet, „der die Vögel in gleicher Weise zu erregen imstande ist“.

An den Ufern des Bosphorus hatte ich während einer *langen* Reihe von Jahren die denkbar beste Gelegenheit, ziehende Vögel zu beobachten, und ich wandte dort meine Aufmerksamkeit stets weniger den Raubvögeln und Wasservögeln zu, von deren Lebensäußerungen ich vergleichsweise wenig verstand, als der bunten Schar der Sperlingsvögel, die ich schon zu Hunderten, ja Tausenden im Einzelbauer und Flugkäfig beherbergt hatte. Nach meinen Erfahrungen dürfte die Sache gerade umgekehrt liegen als Böker meint. Der Herbstgesang des Buchfinken in West- und Süddeutschland hat offenbar deshalb eine so große Ausdehnung gewonnen, weil infolge des milderen Wetters der Zugtrieb bei den westdeutschen Finken viel weniger hervortritt; es handelt sich bei diesen Herbstliedern zum guten Teil wohl um Erscheinungen, die sich in einer fernen Zukunft vermutlich als Einleitung einer $(x+1)$ ten Brut offenbaren werden. Auch bei Böker bricht diese, unseres Erachtens richtige Erkenntnis plötzlich schlaglichtartig durch, wenn er sagt: „Ja, man könnte beim Rotkehlchen (*Erithacus rubiculus* L.) noch einen Schritt weitergehen und von einem *Ersatze des Herbstzuges durch Herbstgesang* sprechen, so daß der Herbstgesang der Ausdruck wäre für den schon fast ganz geschwundenen Wandertrieb.“

Lange Zeit beschäftigte mich auch die Frage, bei welchen Witterungsverhältnissen die Vögel am fleißigsten singen möchten. Ich lebte natürlich des Glaubens, daß Sonnenschein und steigender Luftdruck die größte Sangeslust erregen müßten und habe diese Meinung ehemals wohl auch niedergeschrieben, im guten Glauben, damit nur etwas schlechthin Selbstverständliches zu sagen. Spätere Erfahrungen belehrten mich dann auch hinsichtlich dieser Frage, daß der Forscher nichts für selbstverständlich halten darf. Ich fand nämlich, daß meine Pfleglinge gerade dann am fleißigsten sangen, wenn das Barometer zu fallen begann. Zu solchen Zeiten pflegt nämlich bei uns im Frühling wärmeres, weiches Wetter einzutreten, jene Witterung, die unser ostmärkischer Bauer wohlgefällig als „fruchtbar“ bezeichnet. Dann sind auch für das Liebesleben der Vögel, das der Gesang begleitet, die besten Bedingungen gegeben. Auch noch späterhin im Frühsommer bleiben sich diese Dinge im wesent-

lichen gleich. Wenn wir den Weidenlaubvogel (*Phylloscopus rufus* Bchst.) und Pirol (*Oriolus oriolus* L.) als Regenverkünder namhaft machen, sollten wir eigentlich daran denken, daß sich sehr viel Vögel ähnlich verhalten; eine große Anzahl unserer Sänger sind „Regenvögel“ in dem Sinne, daß fallender Luftdruck und Regenneigung ihre Sangeslust vergrößert. Als Schüler verpflegte ich einst eine Weidenmeise (*Parus montanus salicarius* Brehm) — damals hielt ich sie noch schlechthin für eine Sumpfmeise —, die ihr liebliches Lied nur dann hören ließ, wenn der Sommerregen an die Fensterscheiben klatschte. Niemals in dem trockenen Frühjahr 1919 waren in Westpreußen die Vögel bei ihrem Sängerkriege so unermüdlich, wie an einem Junimorgen, da nach endloser Dürre der erste erfrischende Regen herniederrieselte. Damit verträgt es sich ganz gut, daß sehr lange währende Regenfälle bei geringen Wärmegraden den Vögeln alle Sangeslust benehmen; in solchen Fällen pflegt dann der erste sonnige Tag ihren Eifer neu zu beleben.

Ähnliche Unterschiede gelten auch im größeren Zusammenhange der Brutperioden. Schon *Altum* hebt ganz richtig hervor, daß Witterungsverhältnisse, die dem Brutgeschäfte der Vögel günstig sind, nicht etwa zur Folge haben, daß der Gesang dann besonders lange dauert. Im Gegenteil pflegt er in solchen Jahren früher als sonst zu verstummen. In diesem Jahre (1919), das den Brutvögeln im Mai und Juni recht günstiges Wetter brachte, wartete man schon in den ersten Julitagen vergeblich auf die dahinrieselnde Weise des Fitislaubvogels (*Phylloscopus trochilus* L.), und die flötenden Strophen der Schwarzplättchen (*Sylvia atricapella* L.), die sich hier und da noch hören ließen, dienten nur dazu, die Stille noch auffälliger zu machen. Nach kalten und völlig verregneten Lenzen fehlt dagegen noch Mitte Juli in dem großen Waldkonzert kaum ein einziger Musikanter. Im allgemeinen darf man wohl sagen, daß in den Lehrbüchern die Sangesdauer der einzelnen Arten zumeist etwas zu kurz angegeben ist. Sollte das vielleicht daran liegen, daß die Verhältnisse sich seit den Tagen eines *Naumann*, *Beckstein* und *Brehm* Vater, deren Angaben die Jüngeren in der Regel folgen, nach einer bestimmten Richtung geändert haben? — Ein *Wilhelm Schuster* möchte vielleicht auch diesen Umstand als einen Beweis für die Rückkehr einer sogenannten Tertiärzeit anführen und damit eine Behauptung zu stützen suchen, die unserer Meinung nach wenigstens vorläufig noch zurückgewiesen werden muß, weil alle Tatsachen, die dafür zu sprechen scheinen, sich auf andere Weise ebenso leicht oder noch besser erklären lassen. Übrigens würde ja auch die verlängerte Sangesdauer nur bedingungsweise, d. h. bei einzelnen Arten dafür sprechen, andere müßten ja gerade aus dem Grunde, weil sie in solchem Falle ihr Brutgeschäft schneller erledigen könnten, bei einem Wandel der

Dinge nach der guten Seite hin ihre Lieder früher verstummen lassen.

Wenn wir nach diesen Erwägungen noch einmal aufmerksam die Stelle durchlesen, die wir zu Beginn dieser kurzen Abhandlung wiedergaben, wird es uns weit leichter fallen, die dort angeführten Erscheinungen richtig zu deuten. Anstatt in den Vorgängen eine „Komödie“ zu erblicken, werden wir darin eine durchaus gesetzmäßige Auslösung triebartiger Handlungen erkennen. Durch den Gesang der gefangenen Buchfinken wurden deren freilebende Artgenossen herbeigelockt, um sie durch brünstigen Kampf aus ihrem Revier zu vertreiben. Da sie nun infolge der trennenden Käfigwände ihr Vorhaben nicht ausführen konnten, steigerte sich durch die fortwährende Häufung der Reize ihr brünstiges Verlangen so sehr, daß alle anderen Reize dadurch abgeblendet wurden und die erregten Tiere sogar die haschende Hand des Menschen nicht mehr wahrzunehmen vermochten. Auch die gleichgültige Haltung der Weibchen setzt uns dann nicht mehr in Erstaunen, denn gerade bei den Vogelarten, die am lautesten singen, kommen die Paare nicht durch geschlechtliche, sondern durch natürliche Zuchtwahl zustande, indem dem objektiv stärksten Männchen die Braut als Siegespreis und Beute zufällt.

Damit hätten wir wenigstens einen Teil der biologischen Aufgaben des Gesanges soweit verdeutlicht, wie uns das zurzeit möglich ist. Anderen Fragen, wie z. B. der, inwiefern das Gepräge des Vogelliedes durch die Umwelt bedingt wird und inwieweit die individuelle Eigenart der Sänger die artliche Ausprägung der Lieder zu beeinflussen vermag, wenden wir uns vielleicht ein anderes Mal zu, wenn nach dem harten, stillen Winter in Wäldern und Hecken die neu ermunterten Vögel wieder ihre lieblichen Lieder üben.

Die Bedeutung des Kaliums im Organismus.

Von C. M. Voormolen, Delft.

Alle Gewebe enthalten Kalium, und zwar nur im Protoplasma der Zellen⁽¹⁾. Wird Organen, die mittels einer künstlichen Durchströmungsflüssigkeit während einiger Zeit am Leben erhalten werden, das Kalium entzogen, indem man eine kaliumfreie Ringersche Flüssigkeit verwendet, wodurch alles diffusible Kalium allmählich aus den Gewebespalten verschwindet, so hört die Funktionsfähigkeit dieser Organe auf. Auch bei Pflanzen ist das Kalium ein konstanter Bestandteil aller Zellen.

Man kann sich nun zur Aufgabe machen für jedes Element, das zum Leben der Gewebe unbedingt erforderlich ist, die Eigenschaften festzustellen, die ihm charakteristisch sind und den Grund für seine Lebenswichtigkeit bilden können. Professor Zwaardemaker zu Utrecht hat sich

dieser Frage zugewendet und bemüht sich seit 1915 mit seinen Mitarbeitern die biologische Bedeutung der Radioaktivität im allgemeinen und des Kaliums im besonderen möglichst vielseitig zu prüfen.

1. Die Radioaktivität des Kaliums.

Im Jahre 1906 wurde durch Campbell und Wood⁽²⁾ die Radioaktivität des Kaliums entdeckt und in allen Kaliumverbindungen nachgewiesen. Sie ist jedoch sehr schwach und besteht nur aus β - und γ -Strahlen.

Auf den Boden einer gewöhnlichen Ionisationskammer von 2 l Inhalt wurde eine Schicht trockenen Kaliumsalzes ausgebreitet. Die Luft der Kammer wurde daraufhin leitend, und zwar auch nachdem das Kaliumsalz durch Stanniol abgedeckt wurde. Zur Beobachtung ist jedoch ein sehr empfindliches Elektroskop erforderlich, das unmittelbar auf die Ionisationskammer gestellt wird. Man kann auch ein Quadrantelektrometer verwenden, das mit der zentralen Elektrode der Ionisationskammer durch Drähte, die vollständig in Paraffin eingehüllt sind, verbunden wird. Die erforderliche Erdung der verschiedenen Teile ist möglichst sorgfältig auszuführen, auch die Ladung aus einer getrennten Batterie von kleinen Akkumulatoren bis 300 Volt ist erwünscht. Zwaardemaker und W. E. Ringer haben in dieser Art, nach Überwindung vieler Schwierigkeiten, die Entdeckung Campbell und Wood's bestätigt. Campbell selbst hat gefunden, daß in Kaliumpräparaten die ionisierenden Eigenschaften dem Kaliumgehalt direkt proportional sind. Es handelt sich hier also um eine atomistische Eigenschaft, welche dem Metall als solchem zukommt. Die Strahlung durchdringt Stanniol und Aluminium in dünnen Schichten und ist von einer vorhergehenden Beleuchtung unabhängig. Da α -Strahlen bei Kalium niemals beobachtet worden sind, schließt Rutherford⁽³⁾, daß die Radioaktivität nicht von beigemischten Schwermetallen herrührt. Das Durchdringungsvermögen ist ziemlich groß. Die Anfangsgeschwindigkeit beträgt sogar mehr als $\frac{2}{3}$ der Lichtgeschwindigkeit, so daß auch die tieferen Salzsichten an der Ionisation beteiligt sind. Die Ionisation ist nach Campbell 1000-mal geringer als bei Uranoxyd, das zur Abhaltung der α -Strahlen mit Stanniol bedeckt wird. Erst nach 56 Tagen zeigt sich beim Kalium ein photochemischer Effekt. Theoretisch wäre auch eine schwache γ -Strahlung anzunehmen.

Beim Rubidium hat Büchner⁽⁴⁾ ebenfalls einen photochemischen Effekt gefunden; für das Cäsium ist die Radioaktivität physikalisch jedoch noch nicht festgestellt.

Zwaardemaker hat zunächst eine Versuchsreihe über die Vertretbarkeit des diffusiblen Kaliums durch andere radioaktive Elemente angestellt, dann die Wirkung der Bestrahlung von Organen durch radioaktive Präparate geprüft, und

endlich die gegenseitige Beziehung zwischen den verschiedenen radioaktiven Faktoren untersucht.

2. Vertretbarkeit des Kaliums durch andere radioaktive Stoffe am Froschherzen.

Schon vor mehr als zwanzig Jahren hat *Sidney Ringer* gezeigt, daß das Kalium in der Zirkulationsflüssigkeit durch äquimolekulare Mengen Rubidium und Cäsium ersetzt werden kann.

Die Versuche wurden von *Feenstra*⁽⁵⁾ für Rubidiumchlorid und von *de Lind van Wyngaarden*⁽⁶⁾ für Cäsiumchlorid wiederholt. Für Rubidium gelang es sofort, für Cäsium erst nach einigen Schwierigkeiten. Die anderen Vertreter derselben Gruppe des periodischen Systems konnte er ebensowenig wie *Sidney Ringer* zur Zirkulationsflüssigkeit verwenden.

Daraufhin wurden die anderen radioaktiven Elemente untersucht. Bei allen diesen Experimenten mußte man immer die gleiche Menge Radioaktivität geben, was jedoch nicht gleichwertig ist mit äquimolekularen Mengen. Nach einigen Schwierigkeiten wurde die richtige Dosierung gefunden für Uranium, Thorium, Radium, Ionium und schwach aktive Lanthanum- und Ceriumpräparate, von denen man vermutet, daß ihnen Spuren von Aktinium beigemischt sind.

Die kinetische Energie der β -Strahlen des Kaliums wurde mit der kinetischen Energie der β -Strahlen des Radiums und mit der der α -Strahlen des Urans verglichen. Auf diese Berechnungen werden wir nicht weiter eingehen, nur wäre noch zu erwähnen, daß das Durchdringungsvermögen der Strahlen (das bei Kalium größer ist als bei Radium) berücksichtigt wurde, und daß zum Schluß noch durch das Atomgewicht dividiert wurde, weil zahlreiche schnell diffundierende Ionen mit einer größeren Wahrscheinlichkeit eine Zelle treffen, als die vereinzelt, wenig beweglichen Ionen. Nach dieser Methode wurde eine provisorische Dosierung gefunden und hiervon ausgehend eine Dosierung gesucht, womit ein Herz, das durch eine kaliumlose Flüssigkeit zum Stillstand gebracht wurde, wieder zu pulsieren anfang.

Diese Versuche wurden anfangs ausschließlich am durchströmten Froschherzen angestellt. Das Objekt wurde gewählt, da hier die Muskelzellen nur von einer ganz dünnen Zellschicht, dem Endothel der Lakunen, bedeckt sind und also von der Zirkulationsflüssigkeit unmittelbar umspült werden können, und eine Pufferwirkung der Gewebeflüssigkeit nicht auftritt.

Das Herz wird nach *Kroneckers* Methode freigelegt, und die Ligatur, welche halbwegs zwischen Sinus und Atrio-Ventrikulargrenze angebracht wird, mit der Doppelwegkanüle verbunden. Der benötigte Druck wird mittels einer Mariotteschen Flasche hergestellt [9 CM H₂O].

Um sicher zu sein, daß das Herz normal funktioniert, wird es erst mit der gewöhnlichen Rin-

gerschen Flüssigkeit durchströmt¹⁾, alsdann folgt die Durchströmung mit der kaliumlosen Flüssigkeit, worauf meist innerhalb einer halben Stunde das Herz zum Stillstand gebracht wird. Die Bewegungen werden, wenn erforderlich, nach Gaskell-Engelmannscher Methode auf einem Kymographion registriert.

Sehr störend angesichts der Deutung der Experimente zeigten sich die Herzen, die nach einer Durchströmung mit der kaliumlosen Flüssigkeit nach einer Stunde oder länger immer noch pulsieren. Dann und wann stößt man auf solche Exemplare; sie sind jedoch Ausnahmen. Die Herzen, bei denen der Stillstand in weniger als einer Stunde erreicht wird, bilden die Mehrzahl und bilden eine Frequenzkurve des Quetelet-Galton-Typus. Die Ausnahmen liegen meistens außerhalb des Fünffachen des wahrscheinlichen Fehlers, sind also als anomal zu betrachten.

Selbstverständlich müssen einige Vorsichtsmaßregeln getroffen werden. Immer wurde z. B. mittels der de Koninckschen Reaktion kontrolliert, daß pro Liter Durchströmungsflüssigkeit keinesfalls mehr als 1 mg Kalium anwesend war.

Ausgehend von der berechneten Dosierung wurde empirisch versucht, wieviel Uranyl-, Thorium- oder Radiumionen imstande wären, auf längere Zeit das Froschherz schlagend zu erhalten.

Es stellte sich heraus, daß alle radioaktiven Elemente imstande sind, das Kalium in der Ringerschen Flüssigkeit zu ersetzen.

Also war die

Winterdosierung bei 200 mg CaCl ₂		Sommerdosierung bei 250 mg CaCl ₂
100 mg	Kaliumchlorid	20—50 mg
150 „	Rubidiumchlorid	30—80 „
	Cäsiumchlorid	40—80 „
25 „	Uranylnitrat	0,6—6 „
50 „	Thoriumnitrat	2—10 „
0,000 005 mg	Radiumsalz	0,000 003 „

Ungefähr 100 Mache-Einheiten Emanation.

Auch mit kolloidalem Thorium, Lanthan und Cerium waren die Resultate positiv. Es stellt sich also heraus, daß die Dosierung annähernd äquivalent sein soll. Der durch die Ersatzflüssigkeit im Herzen entstandene Zustand ist ein bleibender.

Daher betrachtet *Zwaardemaker* die Anwesenheit eines radioaktiven Elementes als eine Bedingung, gleichwertig mit dem osmotischen Druck, schwach alkalischer Reaktion, bestimmtem Ca-Gehalt, Balancierung der Ionen, Druck, Temperatur usw.

Läßt man das Kalium bzw. einer der das Kalium ersetzenden radioaktiven Substanzen fort, so hört das Herz auf zu schlagen. Durch einen äußeren Reiz ist gelegentlich noch eine Pulsation hervorzurufen, aber auch diese Reizbarkeit schwin-

¹⁾ Die gewöhnlich benützte Ringersche Flüssigkeit enthält: Chlornatrium 6,5 g, Bicarbonas. Natr. 0,2 g, Chloret. calcic. 0,2 g, Chloret. kalic. 0,2 g.

det bei dauernder Abwesenheit radioaktiver Substanzen.

Wenn man z. B. der Durchströmungsflüssigkeit statt Kalium Jodothyryn zufügt, so fängt zwar die Pulsation wieder an, dauert jedoch nur kurze Zeit. Eine radioaktive Substanz dagegen kann den Herzschlag während einer ganzen Nacht unterhalten und hört erst mit dem Schwinden der allgemeinen Lebensfähigkeit auf.

Die Notwendigkeit einer Sommer- und Winterdosierung ist sehr bemerkenswert, denn berücksichtigt man die Lebensart eines Frosches, so ist es leicht zu verstehen, daß im Winter irgendein Bewegung hervorrufender Einfluß größer zu nehmen ist als im Sommer. Im Winter kann der Sommerzustand wieder einigermaßen hervorgebracht werden, falls man der Durchströmungsflüssigkeit Fluorescein oder Eosin setzt, und zwar 100 Milligramm reines gift- und kaliumfreies Fluorescein pro Liter. Mit Eosin dagegen kann man bis nahe zur toxischen Grenze gehen. Für sich allein hat Fluorescein in der kaliumlosen Ringerschen Flüssigkeit keine Wirkung, in Kombination mit einer radioaktiven Substanz dagegen erniedrigt es das für die Wirkung notwendige Quantum.

Wäre vielleicht die minimale Dosierung 50 Milligramm KCl, so würden nach Fluoresceinzusatz ca. 35 Milligramm genügen. Diese Erscheinung läßt sich vielleicht erklären durch eine Sensibilisierung des Organes für die Wirkung der radioaktiven Atome. Diese Sensibilisierung ist nicht dieselbe, wie die durch Licht hervorgerufene, denn sie gelingt auch in vollständiger Finsternis, sie beruht wahrscheinlich auf einer Verstärkung der Adsorption. Die Anwesenheit von radioaktiven Atomen in der Durchströmungsflüssigkeit genügt an sich noch nicht, sondern die Atome müssen in die Muskelzellen eindringen können oder durch Adsorption in die Grenzschichten des Zellprotoplasmas gelangen, denn vorher werden vitale Effekte nicht ersichtlich.

Falls man nicht eine mystische Vermehrung der Reizbarkeit annehmen will, so läßt sich diese Erscheinung nur dadurch erklären, daß Fluorescein oder Eosin die Permeabilität erhöhen oder die Adsorption verstärken.

Am wahrscheinlichsten ist die Voraussetzung einer Adsorption, da die radioaktiven Atome auch in kolloidalem Zustand angewendet werden können. In diesem Falle findet nämlich der Übergang von Stillstand bis zur Bewegung ebenso schnell statt, wie bei Anwendung löslicher Salze.

3. Art der Wirkung des Kaliums.

Der Begriff der Balancierung der Ionen ist 1900 von Loeb⁽⁸⁾ aufgestellt worden. Seiner Meinung nach ist das Natrium-Ion für eine Reizbarkeit der Muskelzellen unbedingt erforderlich. Die Menge Natrium jedoch, welche für den osmotischen Druck notwendig ist, ist so groß, daß sie in

den Muskeln einen fortwährenden klonischen Krampf hervorrufen würde, der durch die Anwesenheit von Ca-Ionen unterdrückt wird.

Wie für das Herz, so ist auch für die Muskeln eine gewisse Menge K-Ionen erwünscht, da sonst das für die Durchströmungsflüssigkeit erforderliche Kalium aus den fixen organischen Verbindungen gelöst wird. Als Durchströmungsflüssigkeit ist daher eine solche am geeignetsten, welche auf 100 Moleküle NaCl, 2 Moleküle KCl und 1 Molekül CaCl₂ enthält⁽⁹⁾.

Dieses war Sydney Ringer bereits bekannt, Loeb jedoch hat gefunden, daß auch das Mehrfache von diesen Dosierungen genommen werden kann, wenn nur die Isotonie hierdurch nicht zu viel gestört wird. Er erklärt diese Tatsachen durch Änderung der Permeabilität unter dem Einfluß der verschiedenen Salze und nimmt an, daß das Protoplasma für Ionen durchgänglich ist, jedoch bedeutend weniger als für Wassermoleküle. Die eingedungenen Ionen würden mit den Proteiden, die sich in den Grenzschichten des Protoplasmas befinden, leicht dissoziablen Verbindungen eingehen. Auf diese Art entsteht ein chemisches Gleichgewicht der Massenverhältnisse der sich bindenden Substanzen, und zwar ein sehr labiles, das in jedem Augenblick durch neue Ionen wieder gestört werden kann. Eine derartige Änderung des chemischen Gleichgewichtes ändert auch die Permeabilität, die für ein bestimmtes Ion, z. B. Kalium (falls die erforderliche Balancierung fehlt), verschwindend klein wird⁽¹⁰⁾.

Dieser Vorstellung liegt die Annahme von Ionen-Eiweißverbindungen — und die Hypothese der geänderten Permeabilität zugrunde. Die kolloid-chemischen Begriffe treten immer mehr hervor. Von diesem Standpunkte aus müssen die Änderungen der Viskosität von Solen und der Quellung von Gelen die Tatsachen erklären. Der Begriff Balancierung bedeutet jedoch nur, daß die Ionen in einem bestimmten Verhältnis anwesend sein

müssen. Laut J. Loeb ist $\frac{Na + K}{Mg + Ca} = \text{konstant}$

zwischen gewissen Grenzen. S. Ringer und J. Loeb erklären jedoch nicht, weshalb die Kaliumionen in dem Komplex der diffusiblen Ionen der Durchströmungsflüssigkeit und in dem Quellwasser des Protoplasmas notwendig sind. Bloß die Annahme der Unentbehrlichkeit einer gewissen, äußerst schwachen Radioaktivität setzt hierzu instand. Zwaardemaker versucht in demselben Zusammenhang den Unterschied zwischen Sommer- und Winterzustand als in der verschiedenen Adsorption begründet zu deuten. Weder die Temperatur noch die Reaktion haben damit etwas zu schaffen, am wahrscheinlichsten ist das Calcium hier die Hauptursache; de Waard hat auf Nachfrage freundlichst den Bestand des freien diffusiblen Calciums untersucht und gefunden, daß der Calciumgehalt des Blutes im Winter nur die Hälfte desjenigen vom Sommer betrug. Wird die Ca-Menge auf normale Höhe gebracht,

so ist das notwendige Adsorptionsgleichgewicht wieder hergestellt. Es ist in diesem Falle selbstverständlich, daß mit dem Adsorptionsgleichgewicht der ein- und zweiwertigen Ionen auch das Gleichgewicht der Schwermetalle verschoben worden ist; von letzteren muß man also auch andere Quantitäten der Zirkulationsflüssigkeit zusetzen, damit die Adsorptionsverbindungen in Gleichgewicht mit denjenigen in den Muskelzellen sind. Um die gleiche Wirkung der adsorbierenden Atome zu bekommen, muß man also im Sommer, wenn mehr Calcium anwesend ist, weniger Schwermetalle der Flüssigkeit zusetzen. Es gibt jedoch noch andere Faktoren, welche den Sommer- und Winterzustand beherrschen.

4. Ersatz des Kaliums durch Bestrahlung.

Die neugefundenen Kaliumersatzmittel: Rubidium, Uranium und Thorium zeigen gleichfalls die Balancierung gegenüber Calcium. Für Radium dagegen konnte dieses nicht nachgewiesen werden. Kalium verhält sich dem Strontium gegenüber ebenso wie gegenüber Calcium, und auch in dieser Richtung hatten die Versuche mit dem Kaliumersatzmittel positiven Erfolg⁽¹¹⁾.

Eine neue Versuchsreihe wurde von *Zwaardemaker* zusammen mit *C. E. Benjamins* und *Feenstra*⁽¹²⁾ angestellt, um zu erforschen, ob vielleicht auch Bestrahlungen imstande wären, das Kalium der Zirkulationsflüssigkeit zu ersetzen. Das Herz wurde in der gewöhnlichen Art präpariert. Nachdem es durch Kaliumentziehung zum Stillstehen gebracht worden war, wurde das Herz bestrahlt mit einem gut eingekapselten Mesothoriumpräparat (6 Milligramm?) oder mit einem Radiumpräparat (3 Milligramm?). Emanation konnte aus den Präparaten nicht entweichen. Wurden diese Präparate in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ oder 1 cm von dem Herzen aufgestellt, so fing meist nach 27 Minuten (bei fortwährender Durchströmung mit kaliumfreier Lösung) das Herz wieder zu schlagen an. Entfernt man das Präparat, sobald die Pulsation wieder begonnen hat, so hört sie nach ungefähr 24 Minuten auf. Führt man mit der Bestrahlung fort, so hört auch in diesem Falle die Bewegung auf und wird erst ca. eine halbe Stunde nach Entfernung des Präparates wieder hergestellt. Ein Herzstillstand kann also durch Mangel oder durch ein Zuviel an Radioaktivität entstehen. Es läßt sich in einfacher Weise herausfinden, was der Fall ist, indem man durch das bestrahlte Herz die normale Ringersche Flüssigkeit zirkulieren läßt. Ist das Herz zu stark radioaktiv beeinflusst, so hört die Bewegung sofort auf, bei einem Mangel an Radioaktivität werden die Pulsationen häufiger. Auch die Ca-lose Ringersche Flüssigkeit bewirkt sehr schnell Stillstand, gibt jedoch nach Bestrahlung keine Erneuerung der Bewegung.

Zwaardemakers allgemeines Resultat ist also, daß Radioaktivität für die Automatie unbedingt erforderlich ist; wozu jedoch zu bemerken ist, daß

die Strahlen, welche radioaktive Substanzen ausstrahlen, nicht gleicher Art sind. Kalium und Rubidium senden, die γ -Strahlen ausgenommen, hauptsächlich β -Strahlen aus, Uran und Thorium falls Uran x , resp. Thorium X frei) hauptsächlich α -Strahlen. Es stellt sich heraus, daß beide Strahlen biologisch dieselbe Wirkung haben, wie zum Überfluß auch bei direkter Bestrahlung von *Zwaardemaker* und *Gryns*⁽¹³⁾ nachgewiesen wurde, indem sie das Herz mit Polonium (das nur α -Strahlen aussendet) bestrahlt haben.

Diese Versuche fielen jedoch nicht so konstant positiv aus, wie diejenigen mit den β -Strahlen, wahrscheinlich weil die α -Strahlen ein geringeres Durchdringungsvermögen haben. Soweit bisher gefunden, ist von einer Bestrahlung eines mit gewöhnlicher Ringerscher Flüssigkeit durchströmten Herzens keine wahrnehmbare Wirkung zu erwarten. Ebenso wird ein Herz in situ nicht merkbar beeinflusst. Die vorher beschriebenen Erscheinungen zeigen sich nur bei Anwendung kaliumfreier Zirkulationsflüssigkeit.

Auch der elektrische Strom kann das Kalium ersetzen, wie aus den Versuchen mit *W. H. Jolles*⁽¹⁴⁾ und *M. de Boer*⁽¹⁵⁾ hervorgeht. Bei einem Strom von 1—3 Milliampère fängt das kaliumlose Herz sofort wieder zu pulsieren an und hört bei Stromunterbrechung wieder auf. Vielleicht bringt der Strom die K-Ionen in das Innere der Muskelzellen in Bewegung.

5. Die Bedeutung der elektrischen Ladung.

Bei den verschiedenen radioaktiven Substanzen in der Zirkulationsflüssigkeit stellt es sich heraus, daß in einigen Fällen Schwierigkeiten auftraten. Einerseits konnten Kalium-, Rubidium- und Cäsiumchlorid ohne Störung ausgewechselt werden, andererseits folgende Systeme:

Uranyl nitrat, -acetat, -sulfat;
Thorium nitrat;
kolloidales Thoriumhydroxyd;
Radiumsalz und Emanation.

Die zwei Gruppen können unter sich nicht vertauscht werden. Tut man es dennoch, so steht das Herz beim ersten Tropfen still, sobald jedoch die zweite Substanz die erste vollkommen ersetzt hat, fängt das Herz wieder zu pulsieren an. Mischen konnte man auch nicht. Nimmt man gleiche Teile, so ist die Flüssigkeit vollständig unbrauchbar. Es ist jedoch möglich, bestimmte Verhältnisse zu bekommen, welche richtig funktionieren. Sobald die Flüssigkeit zur Erhaltung des Herzschlages unbrauchbar ist, sind wahrscheinlich die radioaktiven Elemente im Gleichgewicht.

Rubidium	} → {	Uranium
Kalium		Thorium
Cäsium		Radium
		Niton (Emanation).

Zuviel Kalium auf der einen Seite gibt Pulsationen unter Einfluß des Kaliums usw., ein

Zuviel von der anderen Gruppe gibt Pulsationen unter Einfluß von Uranium, Thorium usw.

Zwaardemaker erklärt diese Tatsachen aus dem verschiedenen physikalischen Verhalten der Strahlen. Die eine Gruppe sendet α -Strahlen aus, die andere β -Strahlen. Und diese verschiedenen Strahlen tragen verschiedene Ladungen. Es sind biologische Antagonisten, die Ladung, welche die beiden Gruppen der Substanzen tragen und andern Körpern mitteilen können, ist entgegengesetzt. Später wurden die höheren Gleichgewichte gesucht und in einer Kurve zum Ausdruck gebracht. Allgemein wurde gefunden, daß bei zunehmender Konzentration der beiden Gruppen die α -strahlenden Körper relativ einen viel größeren Einfluß bekamen, als die β -strahlenden Körper. Die graphische Darstellung ergab jedesmal dasselbe Bild. Auf der Abszissenachse wurden die Mengen der β -strahlenden Substanzen aufgetragen, auf der Ordinatenachse die Mengen der α -strahlenden Substanzen; in dieser Art ergeben sich die Punkte, an denen die beiden Strahlensorten im Gleichgewicht sind und also das Herz stillsteht. Das Feld oberhalb der durch diese Punkte gezogenen Kurve ergibt die α -Automatie, das Feld unterhalb dasjenige der β -Automatie. Die Kurven wurden bestimmt für Kalium-Uran-Gleichgewichte, Rubidium-Uran-Gleichgewichte, Kalium-Thorium- und Kalium-kolloidales-Thoriumhydroxyd-Gleichgewicht. Für alle hatte die Kurve die gleiche Form; für eine kleine Alkalitätsänderung blieb die Kurve gleich, eine Änderung des Calciumgehaltes⁽¹⁶⁾ verschiebt sie, logarithmisch genommen, parallel zu sich selbst. In der Gegend der höheren Gleichgewichte läuft die Kurve fast horizontal, eine große Menge β -strahlende Substanzen hält sich also mit einer kleinen Menge α -strahlender Substanzen im Gleichgewicht. Daher ist es möglich, der Durchströmungsflüssigkeit außerordentlich große Mengen Kalium zuzufügen.

Aus den beschriebenen Experimenten geht noch ein anderes Paradoxon hervor. Wenn man ein kaliumfrei durchströmtes Herz mittels Mesothoriumbestrahlung zum Pulsieren bringt, so kann man ruhig während eines Augenblicks die gewöhnliche Ringersche Flüssigkeit durchströmen lassen, nach 20–40 Systolen jedoch ist dies nicht mehr zulässig, alsdann steht das Herz still, sobald kaliumhaltende Flüssigkeit Zutritt. Wenn man die Bestrahlung als etwas Kaliumähnliches betrachtet, dann ist die Nachwirkung der Bestrahlung ebenso leicht verständlich, wie die Tatsache, daß die normale Ringersche Flüssigkeit nicht für ein überstrahltes Herz, wobei die Automatie durch die Bestrahlung wiederhergestellt worden ist, gebraucht werden kann; sondern die fortgesetzte Bestrahlung das Herz zum Stillstand bringt. Man könnte dieses vielleicht durch einen Überschuß kaliumähnlicher Substanzen erklären. Die Darstellung wird

durch die Tatsache, daß das antagonistische Uran in der Ringerschen Flüssigkeit sofort Pulsationen hervorruft, unterstützt.

Von den oben beschriebenen Tatsachen ausgehend kommt *Zwaardemaker* zu der Behauptung, daß das Wesen der biologischen Wirkung der Radioaktivität nur besteht aus elektrischen Ladungen. Im isoelektrischen Punkt ist Ruhe.

Betrachtet man die Bestrahlung als etwas Kaliumähnliches, so ist es am einfachsten, sich der durch die Bestrahlung neugebildete hypothetische Substanz, zu denken als freies intracelluläres Kalium, das sich während der Bestrahlung aus den fixen Verbindungen gelöst hat und sich in den Zellen anhäuft. Durch die eigene Strahlung des Kaliums findet wirklich fortwährend eine Mobilmachung der Kaliumatome statt, die als Ionen durch die normal permeable Grenzschicht hindurch die Zelle verlassen und in die Zirkulationsflüssigkeit übergehen. Hier bilden sie das diffusible Kalium, das für eine ordnungsgemäße Automatie eine unbedingte Notwendigkeit ist. Während einer äußeren Bestrahlung wird das Kalium besonders schnell aus den fixen Verbindungen gelöst. Ist die Balancierung jedoch gestört, wie in dem kaliumfrei durchströmten Herzen, so kann von dem diffusiblen Kalium nur etwas entweichen, jedoch nicht genügend, so daß der Kaliumüberschuß im Innern der Zelle eine derartig große Anhäufung frei beweglicher K-Ionen zustande bringt, daß nach anfänglichem Pulsieren schließlich ein Herzstillstand verursacht wird. In dieser Art ist die Nachwirkung der Bestrahlung wirklich etwas Kaliumähnliches; nach einiger Zeit ist die angehäuften Masse kleiner, durch allmähliches Verschwinden der Ionen, alsdann entsteht ein sekundärer Zustand, worin die Automatie zurückkehrt, eine kleine Kalium- oder Urandosierung jedoch die Bewegung sofort wieder unterdrückt. Dieses erklärt sich daraus, daß ein Zuviel an Kalium Ruhe verursacht, und daß Uran den isoelektrischen Punkt hervorruft.

Diese Tatsachen wären noch genauer festzustellen. Die schwache Seite der Theorie ist die geringe Größe dieser Ladungen. Für die Automatie genügt pro Gramm Zirkulationsflüssigkeit bereits $3 \cdot 10^{-12}$ Gramm Radium, weniger gibt Stillstand durch Mangel an Radioaktivität, das Doppelte gibt Stillstand durch Überschuß.

Die radioaktive Energie, die von der durchströmenden Flüssigkeit durch das Herz geführt wird, hat *Zwaardemaker*⁽¹⁷⁾ festgestellt auf $4 \cdot 10^{-7}$ bis $2 \cdot 10^{-9}$ Erg. pro Sekunde.

Ein Teil wird von den Muskelzellen absorbiert, ein anderer Teil bleibt wirkungslos. Man darf vielleicht annehmen, daß der absorbierte Teil von derselben Größenordnung sein wird wie der, der als biologisch wirksamer Reiz notwendig ist, jedoch es handelt sich nicht um Reize, sondern um eine Bedingung.

6. Die Bedeutung des Kalium für Skelettmuskel, Gefäßwände, Niere und Nerv.

Außer den Experimenten mit dem durchströmten Froschherz wären noch die Experimente von *Gunzburg*⁽¹⁸⁾ mit den Skelettmuskeln zu erwähnen. Es war hier außerordentlich schwer, aus den Muskelzellen das Kalium vollständig zu entfernen. Da dieses niemals ganz gelingt, ist das Objekt für die Experimente weniger geeignet.

Eine kleine Urandosierung ruft den isoelektrischen Punkt hervor, wodurch die Schwierigkeiten behoben wurden. Man darf den Radioelementen dieselbe Bedeutung für die Skelettmuskeln wie für das Herz beilegen, und auch hier zeigt sich wieder der Antagonismus.

Des weiteren hat *Gunzburg* noch Experimente angestellt über das Ödem, das sich zeigt, wenn man den ganzen Frosch mit kaliumfreier Ringer'scher Flüssigkeit durchströmt. Für das Gefäßendothel ist also das Kalium von größtem Interesse, und das Ödem scheint hierdurch verursacht zu werden. Calcium hat kaum einen Einfluß. Das normale Zirkulationskalium, selbstverständlich zusammen mit den übrigen balancierenden Ionen, ist also nicht nur von größtem Interesse bei der Permeabilität, sondern ist auch noch imstande, das Entstehen eines allgemeinen Ödems zu verhindern. Auch die Kaliumersatzmittel könnten hier in ähnlicher Weise gebraucht werden⁽¹⁹⁾.

So hat auch *Hamburger* gefunden, daß bei Kaliummangel die Nieren für Zucker durchlässig werden, und es stellte sich heraus, daß dieselben Gesetze für Kalium und seine Ersatzmittel sowie der Antagonismus auch für das Glomerulusepithel gelten.

Es ist *Hamburger* und *Brinkmann*⁽²⁰⁾ niemals gelungen, die Niere vollkommen von diffusiblen Kalium zu befreien. Es kann daher nicht wundernehmen, daß ihre Durchströmungsflüssigkeit, streng genommen, auch ohne Kalium funktionieren kann.

Zum Schluß wäre noch zu erwähnen, daß ungefähr dieselbe Wirkung des Kaliums und der Kaliumersatzmittel sich bei den Experimenten von *Zwaardemaker* und *Lely*⁽²¹⁾ betr. der Änderung der Reizbarkeit des Nervus Vagus herausgestellt hat. *Zwaardemaker*⁽²²⁾ und *M. de Boer* haben gefunden, daß derselbe Antagonismus, der zwischen Kalium und Uran existiert, auch zwischen dem elektrischen Strom und Uran zu finden ist.

Die letzten Jahre haben also bezüglich der Wirkung der Radioaktivität auf tierische Organe viele neue Entdeckungen aufzuweisen, die aus dem Utrechtschen Laboratorium stammen. Im Mittelpunkt des Ganzen dominiert, abgesehen von den theoretischen Anschauungen über den Antagonismus zwischen α - und β -Strahlen, die Tatsache der physiologischen Radioaktivität, deren Träger das Kalium ist. Weil das Element in jeder Zelle (nicht im Zellkern) vorhanden,

findet sich eine schwache β -Radioaktivität überall verbreitet und werden manche wichtige Funktionen von ihr mitbestimmt.

Literatur.

1. A. B. Macallum, *Ergebnisse der Phys.* Bd. 7, S. 604, 1908.
2. N. R. Campbell und A. Wood, *Proc. Cambridge Philos. Soc.*, vol. 14, p. 5, 1906—1908. Eine Bestätigung fand nachher durch *McLennan* und *Kennedy* statt, *Phil. Mag.* (6) vol. 16, p. 377, 1908.
3. *Rutherford* in Marx' Hdb. der Radiologie Bd. 2, p. 11, 1913.
4. E. H. Büchner, *Kon. Akad. Amst. Deel* 18, p. 91, 1909; *Deel* 20, p. 1338, 1912.
5. T. P. Feenstra, *Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam Bd. 24*, S. 1822.
6. De Lind van Wyngaarden, *Kon. Akad. v. Wetensch. Deel* 26, p. 776.
7. L. L. de Koninck, *Acad. Royale de Belgique. Zeitschr. f. anal. Chemie Bd. 20*, p. 390, 1881.
8. J. Loeb, *American Journal of Physiology* vol. 3, p. 327.
9. J. Loeb in *Oppenheimers Hdb. der Bioch.* Bd. II, p. 111.
10. J. Loeb and *McKeen Cattell*, *Journ. of Biol. Chem.* vol. 23, p. 41, 1915.
11. T. P. Feenstra, *Kon. Akad. v. Wetensch. Amst. Deel* 25, p. 3, 1916.
12. H. Zwaardemaker, C. E. Benjamins und T. P. Feenstra, *Ned. Tydschrift voor Geneeskunde* 1916 II, p. 1923.
13. H. Zwaardemaker und G. Grijns, *Arch. Néerl. de Physiologie T. 2*, p. 457, 1918.
14. W. H. Jolles, *Diss.* S. 59.
15. H. Zwaardemaker, *Kon. Akad. v. Wetensch. Deel* 26, p. 14.
16. H. Zwaardemaker, *Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam Bd. 25*, p. 1101. (*Proc.* vol. 19, p. 1046.) *Ned. Tydschr. v. Geneeskunde* 1918, Bd. 1, p. 608; *Kon. Akad. v. Wetensch. Bd. 26*, p. 805.
17. H. Zwaardemaker, *Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam Bd. 25*, p. 1098, 1917.
18. J. Gunzburg, *Ned. Natuur en Geneesk. Congres*, Den Haag 1917, p. 318.
19. J. Gunzburg, *Niederl. Physiologentag Dez. 1916*, Amsterdam, *Nederl. Tydschr. v. Geneesk.* 1917, Bd. 2, S. 1270.
20. H. J. Hamburger und R. Brinkmann, *Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam Bd. 20*, p. 944, 1917.
21. H. Zwaardemaker und J. Lely, *Arch. Néerl. de Phys. de l'homme et des animaux Tome 1*, Nr. 4, p. 745, 1917.
22. H. Zwaardemaker, *Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam Bd. 26*, p. 12 (*Proc.* vol. 20, p. 189).

Besprechungen.

Friederichs, K., *Studien über Nashornkäfer als Schädlinge der Kokospalmen*. Bericht an das Reichskolonialamt über eine 1913/14 im Auftrage ausgeführte Studienreise. Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia legendi der hoh. philos. Fakultät zu Rostock. Monogr. z. angew. Entomologie, Beih. z. Zeitschr. f. angew. Entomologie, Nr. 4. Berlin, Paul Parey, 1919. 8°. IV, 116 S., 18 Tafeln und 1 Karte. Preis M. 15.—.

Im Jahre 1909 wurden Larven des indischen Nashornkäfers, *Oryctes rhinoceros* L., in Erde mit Hevea-Stecklingen aus Ceylon auf Upola (Samoa) eingeschleppt. Sie fanden hier so außerordentlich günstige Bedingungen, daß sich der Käfer rasch in größtem Maße vermehrte und Tausende von Kokospalmen tötete.

so daß deren Kultur auf Samoa ernstlich bedroht wurde. Im Jahre 1912 wurden 73/4 Millionen Larven gesammelt, ohne fühlbare Verminderung. Im gleichen Jahre flog der Käfer auch auf Savaii über, wurde hier aber nicht so schädlich, weil er hier sofort abgesucht wurde, und außerdem die Lebensbedingungen für die Larven minder günstig waren. Im gleichen Jahre war der Verfasser als Pflanzenpathologe nach Samoa gekommen und nahm sich sofort energisch des Studiums dieses Schädlings an. In kurzer Zeit gelang es ihm, ein äußerst wirksames Verfahren zu seiner Bekämpfung auszuarbeiten. Zunächst wurden die Pflanzungen möglichst von allen modernen Pflanzenstoffen, den Hauptbrutstätten der Larven, gereinigt; insbesondere wurden die Fruchtschalen des Kakaos, der auf Upola gebaut wird, die seither nach der Ernte liegen gelassen wurden und wiederum beliebte Brutstätten des Käfers bildeten, verbrannt oder ins Meer geworfen. Dann wurden in den Pflanzungen Gruben angelegt und mit den erwähnten Pflanzenstoffen gefüllt. Hier legten die Käfer ihre Eier ab; nach einiger Zeit wurden dann die Gruben mit dem bekannten Insektizid *Metarrhizium anisopliae* Metschn. infiziert, der gewöhnlich sämtliche Larven abtötete. Dieser Erfolg ermutigte die Regierung, den Verfasser Ende Oktober 1913 auf eine große Forschungsreise zu schicken, um zu untersuchen, warum in anderen Ländern, wo Kokospalmen gebaut werden und Nashornkäfer vorkommen, diese nicht so schädlich auftreten, wie in Samoa, und um womöglich Feinde des Käfers ausfindig zu machen, die nach Samoa übergeführt werden könnten. Die Reise führte ihn nach den Philippinen, Cochinchina, Kambodja, Siam, Singapur, den Verbündeten Malayen-Staaten, nach Ceylon, Vorderindien (so weit immer *Or. rhinoceros*), nach Ostafrika (*Or. monoceros* Ol. und *boas* F.) und Madagaskar (außer dem letzteren noch *Or. radama* Coq. und *insularis* Coq.). Kaum war Verf. hier angekommen, da brach der Weltkrieg aus; er wurde bis Ende 1916 dort interniert, dann nach Südfrankreich, kurz vor dem Kriegsende nach der Schweiz übergeführt.

Im großen Ganzen konnte der Verf. die ihm gestellten Aufgaben gut erfüllen. Es gelang ihm fast stets, Gründe für das mehr oder minder starke Auftreten des Nashornkäfers in den besuchten Gebieten sowie die Beziehungen zwischen seinem Auftreten und seiner Schädlichkeit ausfindig zu machen.

Als allgemeines Gesetz hierzu stellt Verf. auf, daß große, reine Bestände weniger leiden, gemischte dagegen stark heimgesucht werden; Palmen seien da am sichersten, wo sie als geschlossene Masse ein großes Areal bedecken. Diese, den allgemeinen phytopathologischen Erfahrungen entgegengesetzte Anschauung sucht Verf. mit dem Satze zu begründen: Die Zahl der Schädlinge und die Stärke des Schadens hängen ab von der für die Larven verfügbaren Nahrungsmenge im Verhältnis zu der Zahl der Kokospalmen, auf die sich die Angriffe der Käfer verteilen. — Nicht genügend betont scheint Ref. zu sein, daß der Schaden auf Samoa namentlich deswegen so großen Maßstab annahm, weil es sich um ein frisch eingeführtes, hier günstige Lebensbedingungen findendes Insekt handelte, eine Erscheinung, die sich bei der Verschleppung von Schädlingen immer wiederholt. So konnte Verf. auch feststellen, daß bereits 1913 die Lebensenergie des Käfers auf Samoa ihren Höhepunkt überschritten hatte. Während in den Jahren vorher die Größe der Käfer selbst stets zugenommen hatte, bis zu „Riesenexemplaren“, nahm sie 1913 wieder merkbar ab. Inter-

essant ist in dieser Beziehung auch die Feststellung, daß auf Madagaskar, wo Nashornkäfer einheimisch, die Kokospalme aber eingeführt ist, diese nicht sonderlich unter jenen leidet, da sie sich der Palme noch nicht genügend angepaßt haben.

Eigentümlich ist, daß Käfer und Larven sich in verschiedenen Ländern zum Teil verschieden verhalten. So dringt z. B. der Käfer, der hauptsächlich in der Palmkrone bohrend lebt, auf den Philippinen bis in deren Herz, das er auf Samoa verschont. Während gewöhnlich der Käfer die Palmen von den Blattachsen aus anbohrt, beschränkt er sich auf Ceylon auf die Blattknospen und verschont so ebenfalls das Herz. Während sonst die Larve fast stets nahe der Erde in modernen Pflanzenteilen lebt, entwickelt sie sich auf den Philippinen ebenfalls im Innern der Krone.

So günstig die Ergebnisse der oben erwähnten Bekämpfung des Nashornkäfers mit dem Insektizid waren, so vorsichtig urteilt doch der Verf. über derlei biologische Methoden. Die Wirkung auf Samoa war nur deswegen so günstig, weil hier dauernd sehr feuchte Atmosphäre herrscht, das Massenauftreten der Käfer diese selbst schwächt und das Auftreten von Seuchen an sich schon begünstigt. Pilzseuchen wirken nur dann, wenn man künstlich die Bedingungen ihrer Wirksamkeit herstellt oder diese steigern kann; daher sie auch immer räumlich und zeitlich beschränkt sind. Tierische Feinde dagegen setzen ihre Tätigkeit dauernd fort und breiten sich von selbst aus. Auch diese studierte Verf. auf seinen Reisen genau, konnte aber keine von größerer Bedeutung finden. Die wichtigsten scheinen die *Dolchwespen*, *Scolien*, zu sein, zu deren Studium Verf. besonders nach Madagaskar gereist war; leider konnte er hier diese Studien nicht ausführen. Übrigens warnt er selbst, sich auf natürliche Feinde, Pilze und Tiere, allein zu verlassen. „Jeder Phytopathologe würde dann abraten“, eine Feststellung, deren Richtigkeit um so mehr betont werden muß, als neuerdings immer öfter und lauter von Laien und gärtnerischen und landwirtschaftlichen Praktikern verlangt wird, jede „künstliche“ Bekämpfung tierischer Schädlinge zu unterlassen und das Heil von der „natürlichen Tätigkeit nützlicher Tiere“ zu erwarten.

So bringt die Arbeit außer dem vielen Tatsachenmaterial — es ist selbstverständlich, daß die behandelten Käferarten, der Insektizid, die natürlichen Feinde ausführlich morphologisch und biologisch geschildert werden — auch sehr viele allgemeine Fragen, Anschauungen, Ergebnisse von mehr oder minder großer Wichtigkeit. Das ist ja gerade der Hauptreiz wissenschaftlich durchgeführter Untersuchungen auf dem Gebiete angewandter Wissenschaften, daß sie außer den unmittelbar praktisch bedeutungsvollen Ergebnissen auch solche allgemeinerer und allgemeinsten Art liefern, wie sie durch rein theoretische Untersuchungen oft kaum oder nur sehr schwer zu erreichen sind. Und so erhebt sich auch vorliegende Arbeit weit über das im Titel angegebene engere praktische Thema.

L. Reh, Hamburg.

Bechhold, H., Die Kolloide in Biologie und Medizin. II. Aufl. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopf, 1919. XII, 527 S., 69 Abbildungen und 3 Tafeln. Preis geh. M. 27,—, geb. M. 31,—.

Die zweite Auflage des im Jahre 1911 zum erstenmal erschienenen Werkes ist gegenüber der ersten erweitert und den neueren Forschungsergebnissen angepaßt. Galt es damals, die Biologen und Mediziner auf die noch stark vernachlässigte Kolloidchemie und

ihre Bedeutung für das Verständnis der Lebensvorgänge hinzuweisen, so konnte in der zweiten Auflage das inzwischen angesammelte überreiche Forschungsmaterial nutzbringend verwertet werden. Freilich stehen wir hier vor einem ungeheuren Gebiete, das erst in den ersten Stadien der Entwicklung begriffen ist; überall aber zeigt sich, welche große Bedeutung die Kenntnis der Kolloide und ihrer Eigenschaften für das Verständnis des Wachstums, der Stoffverteilung, der Resorption, der Sekretion usw. besitzt.

Der erste Teil enthält eine Einführung in die Kolloidforschung, in der die Methoden mit gutem Grund besonders eingehend berücksichtigt werden. Verhältnismäßig kurz und nicht ganz den neuesten Forschungsergebnissen angepaßt sind die der Besprechung der Methoden vorausgehenden Abschnitte. Eine sorgfältige Durchsicht derselben würde erwünscht sein. Im Kapitel „Ausflockung“ verdient die Resultate der Forschungen M. v. Smoluchowskis eingehende Berücksichtigung.

Der zweite Teil behandelt die Biokolloide: Kohlehydrate, Lipide, Eiweißkörper, ferner Nahrungs- und Genußmittel, Enzyme und Immunitätsreaktionen. Hier wie in den folgenden Teilen sind den einzelnen Abschnitten einleitende Betrachtungen vorangestellt, die eine Fülle von interessanten Bemerkungen und originellen Gedanken enthalten und für den Leser durchaus anregend wirken. Bei der Besprechung von Biokolloiden sind z. B. die lebenden Gebilde mit einer Stadt verglichen. Seite 140 heißt es dann weiter:

„Die Kolloide sind Häuser, die Kristalloide die Menschen, welche sich in den Straßen bewegen, in den Häusern verschwinden, wieder auftauchen, Bauten einreißen und errichten.. Die Kolloide sind das *Stabile* im Organismus, die Kristalloide das *Mobile*, die überall hingelangen, Heil oder Unheil anstiften können. Daher kommt es auch, daß wir organische Kristalloide nur in geringer Zahl und Menge innerhalb des Organismus finden, weil sie stets nur einem vorübergehenden Zweck dienen. Dem wichtigsten organischen Kristalloid, dem Zucker, begegnen wir bei den Pflanzen auf seinem Weg von der Entstehungsstätte zu den Verbrauchsstellen oder den Depots, den Knollen, Rüben, Früchten usw., wo er in die unlösliche Form der Kohlehydrate in die Stärke und verwandte Produkte verwandelt oder ihm der Rückweg abgeschnitten wird, indem der Stengel, an dem die Frucht hängt, eintrocknet.“

Der dritte Teil behandelt die Bedeutung des kolloiden Zustands für den Organismus, die Stoffverteilung, Formbildung und -veränderung, das Blut, die Atmung, den Kreislauf, Resorption und Sekretion usw. Hier bemerkt man überall, wie wenig zutreffend diejenigen Theorien waren, die vom rein physikalisch-chemischen Gesichtspunkt aus die Funktionen der Organe zu erklären versuchten, ohne die Quellungsfähigkeit und andere Eigenschaften der Kolloide zu berücksichtigen. Allerdings kann auch die Mitberücksichtigung der Kolloidchemie noch keineswegs eine ausreichende Erklärung der im lebenden Organismus auftretenden Vorgänge ergeben; die kolloidchemische Betrachtungsweise nähert sich aber jedenfalls bedeutend mehr den tatsächlichen Verhältnissen als die früheren Lehren, die zahlreiche Erscheinungen nur auf osmotischen Druck und andere physikalische Grundtatsachen zurückführen zu können glaubten.

Der vierte Teil enthält Betrachtungen auf dem Gebiete der Toxikologie und der mikroskopischen Technik. Hier wie auf vielen anderen Gebieten zeigt sich der Nutzen eigener Erfahrung, die dem Verfasser reichlich zu Gebote steht.

Das Buch kann weiteren Kreisen bestens empfohlen werden.

R. Zsigmondy, Göttingen.

Astronomische Mitteilungen.

Umwandlung eines Miraspektrums in ein Novaspektrum. Eine äußerst merkwürdige Umänderung seines Spektrums zeigt gegenwärtig der langperiodische Veränderliche vom Miratypus R Aquarii ($\alpha = 2^h 38^m$, $\delta = -15^\circ 50'$, 1900), dessen Spektrum bisher als Md 8 (ausgesprochener III. Typus mit hellen Wasserstofflinien) bekannt war, wie es mehr oder weniger ausgeprägt fast alle Veränderlichen dieser Klasse besitzen. Die ganz wenigen Ausnahmen gehören den Spektralklassen Ma, Mb, Mc (gewöhnlicher III. Typus) und N (IV. Typus) an. Die Periode des Lichtwechsels von R Aquarii beträgt 387 Tage, ist jedoch erheblichen Schwankungen unterworfen. Die Helligkeit wechselt zwischen 6^m und 11^m . In einem Telegramm zeigt jetzt Merrill, der sich seit Jahren mit der Untersuchung der Spektren der Mirasterne befaßt, an, daß das Spektrum gegenwärtig die (für die Neuen Sterne und die Gasnebel charakteristischen) hellen Nebellinien 5007 Å, 4959 Å und 4363 Å zeigt. Die sofort nach Empfang des Telegramms am 29. Oktober am 65 cm-Refraktor der Babelsberger Sternwarte unter sehr ungünstigen Umständen aufgenommene Beobachtung mit einem Okularspektroskop ergab ein Spektrum, das dem eines normalen Miraspektrums ganz unähnlich, dagegen dem einer Nova in vorgerücktem Stadium, in dem die rote Wasserstofflinie $H\alpha$ bereits verschwunden oder schon sehr schwach ist, sehr ähnlich aussieht. Nur war das kontinuierliche Spektrum verhältnismäßig kräftiger als bei diesen. Durch Beobachtungen am 31. Oktober unter etwas besseren Verhältnissen konnten im Grün und Grünblau drei helle Bänder festgestellt werden, von denen das mittlere (bei $496\mu\mu$?) das hellste und vielleicht doppelt ist. Außerdem wurde weiter im Blau noch ein viertes helles Band vermutet, und zuweilen schien eine helle Linie bei D aufzublitzen. Die hellen Bänder im Grün und Grünblau bildeten, wie in einem Novaspektrum, beträchtlich über das kontinuierliche Spektrum hinausragende Lichtknoten. In dem kontinuierlichen Spektrum wären schwache dunkle Bänder angedeutet, die möglicherweise dem III. Typus-Spektrum angehörten. Die Bestimmung der Lage der hellen und dunklen Bänder war wegen der Lichtschwäche des durch Dunst stark geschwächten Sternes nicht möglich. Das Spektrum war ganz unähnlich dem Spektrum des Miraspektrums T Aquarii, das die normalen dunklen Bänder des III. Typus zeigte. Die Helligkeit von R Aquarii ist zur Zeit etwa 8^m und wahrscheinlich auf dem Wege zum Maximum begriffen. Die Farbe ist gelbrot, die gewöhnliche der Mirasterne. Diese höchst bedeutsame Metamorphose wirft ein helles Licht auf den Zusammenhang zwischen den Neuen Sternen oder wenigstens einem Teil derselben und den übrigen physikalischen Veränderlichen.

Guthnick

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

LIBRARY

RECEIVED

APR 21 1920

U. S. Department of Agriculture
Siebenter Jahrgang.

Heft 48. (Seite 903—922)

28. November 1919.

INHALT:

Das Wesen des Lichts. Von Geh. Reg.-Rat Prof.
Dr. M. Planck, Berlin-Grünwald. S. 903.

Die physiologische Verbrennung als elektrolytischer
Oxydationsprozeß. Von Prof. Dr. Alexander
Nathansohn, Dresden. S. 909.

Die Braunsche Rahmenantenne und ihr An-
wendungsgebiet in der drahtlosen Technik. Von
Dr. A. Esau, Berlin. S. 912.

Einführung in die Grundlagen des Nernstschen
Wärmethorems. Von Dr. John Eggert, Berlin.
(Schluß.) S. 917.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:
Achtzehn Jahre Tätigkeit in Neu-Guinea. S. 921.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:
Ungeheure Waldbrände im Westen der Ver-
einigten Staaten von Amerika. Luftverkehrs-
wege nach Australien. S. 922.



Elektrische Heizkissen

gegen

Ernste Krankheit

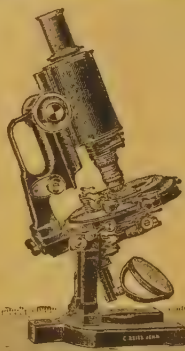
und

Leichtes Missbehagen

Fabrik Dr. Heilbrun
Berlin-Nowatwes

Zu kaufen in guten elektr. und ärztl. Handlungen.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckchriften
kostenfrei

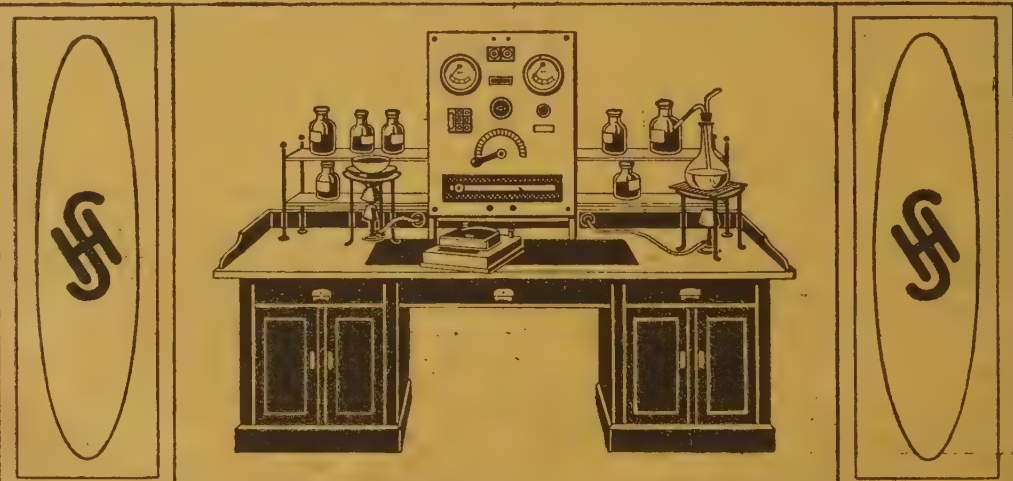
BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Siemens & Halske A.G. Wernerwerk

SIEMENSSTADT BEI BERLIN



Experimentier- und Elektrolyse-Tische

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

28. November 1919.

Heft 48.

Das Wesen des Lichts*).

Vortrag, gehalten in der Hauptversammlung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft am 28. Oktober 1919 von Max Planck.

Meine hochverehrten Herren!

Es mag ein wenig aussichtsreiches, ja in gewissem Sinne vermessenenes Unterfangen scheinen, wenn ich in diesem weiteren Kreise, mitten in einer von aufregenden Krisen erschütterten Zeit, während die vornehmsten Interessen und die besten Kräfte unseres ganzen Volkes nur auf den bitteren Kampf um seine Existenz und seine Weltgeltung eingestellt sind, den Versuch wage, Ihre Aufmerksamkeit auf kurze Frist für ein Thema rein wissenschaftlicher Art in Anspruch zu nehmen. Aber eingedenk des gerade heute in mehrfacher Beziehung bedeutungsvollen Satzes, daß ein Gemeinwesen nur dann gedeihen kann, wenn auch an dem unscheinbarsten Posten ein jeder, unbeirrt durch äußere Verlockungen und Hemmnisse, nach bestem Können seiner Pflicht nachgeht, ohne erst viel nach dem augenblicklichen Erfolg seiner Arbeit zu fragen, habe ich die entgegenstehenden Bedenken überwunden und möchte nunmehr, dem mir gewordenen ehrenvollen Auftrage folgend, mir erlauben, Sie zu einem gemeinsamen Gang in die lichten, wenn auch für die meisten von Ihnen wohl etwas entlegenen Höhen der reinen Forschung, und zwar der physikalischen Forschung, einzuladen. Empfiehlt sich die Wahl eines solchen Themas allgemein-wissenschaftlicher Art schon durch den äußeren Umstand, daß in den praktisch so viel wichtigeren Gebieten der Technik und der Industrie die interessantesten neueren Probleme sich gegenwärtig aus mancherlei Gründen einer eingehenden Besprechung hier zurzeit noch entziehen, so wird es andererseits gerade im Sinne der Bestrebungen unserer Gesellschaft liegen, welche ja ihre vornehmste Aufgabe in der Gründung und Erhaltung naturwissenschaftlicher Forschungsinstitute erblickt, wenn in ihren Tagungen die alte Wahrheit auch äußerlich Würdigung findet, daß, wie auf allen Arbeitsgebieten, so auch in demjenigen, welches den Naturkräften gewidmet ist, dem Anwenden das Erkennen vorausgehen muß; und je feiner die Einzelheiten sind, in die wir der Natur auf irgendeinem Pfade folgen können, um so reicher und nachhaltiger wird sich auch der Gewinn erweisen, den wir aus unserer Erkenntnis zu ziehen vermögen.

* Der Vortrag erscheint in einigen Wochen im Verlag von Julius Springer, Berlin, als besondere Schrift.

In dieser Hinsicht ist unter allen Gebieten der Physik ohne Zweifel die Optik dasjenige, in welchem die Forschungsarbeit am tiefsten vorgedrungen ist, und so möchte ich jetzt von dem *Wesen des Lichts* zu Ihnen reden, anknüpfend an vieles, was ohne Zweifel einem jeden von Ihnen seit langem geläufig ist, aber auch Ausschau haltend auf neuere Probleme, welche auf diesem Gebiete gegenwärtig der Erledigung harren.

Die erste Aufgabe der physikalischen Optik, die Vorbedingung für die Möglichkeit einer rein physikalischen Theorie des Lichtes, ist die Zerlegung des ganzen Komplexes von Vorgängen, die mit einer Lichtwahrnehmung verbunden sind, in einen objektiven und einen subjektiven Teil. Der erstere bezieht sich auf diejenigen Vorgänge, welche außerhalb und unabhängig von dem empfindenden Organ, dem sehenden Auge, verlaufen — diese, die sogenannten Lichtstrahlen, sind es, welche die Domäne der physikalischen Forschung bilden —, der zweite Teil umfaßt die inneren Vorgänge, vom Auge bis zum Gehirn, deren Untersuchung auch in die Physiologie und sogar in die Psychologie hineinführt. Daß eine scharfe Trennung des objektiven Lichtstrahls von der sinnlichen Lichtempfindung überhaupt vollständig durchgeführt werden kann, ist keineswegs von vornherein selbstverständlich, und daß sie im Grunde genommen eine sehr schwierige Gedankenoperation bedingt, beweist nichts besser als der Umstand, daß noch vor hundert Jahren ein gerade auch naturwissenschaftlich so reich veranlagter, aber der analysierenden Betrachtungsweise weniger geneigter Geist, wie es *Johann Wolfgang von Goethe* war, der das Einzelne nie ohne das Ganze sehen wollte, es zeitlebens grundsätzlich abgelehnt hat, jene Scheidung anzuerkennen. Und in der Tat: Welche Behauptung könnte für den Unbefangenen einleuchtendere Gewißheit besitzen als die, daß Licht ohne ein empfindendes Auge undenkbar, ein Nonsens ist? Aber was in diesem letzten Satze unter Licht zu verstehen ist, um ihm einen unanfechtbaren Inhalt zu geben, ist etwas ganz anderes als der Lichtstrahl des Physikers. Wenn auch der Name der Einfachheit halber beibehalten worden ist, so hat doch die physikalische Lehre vom Licht oder die Optik, in ihrer vollen Allgemeinheit genommen, mit dem menschlichen Auge und mit der Lichtempfindung so wenig zu tun, wie etwa die Lehre von den Pendelschwingungen mit der Tonempfindung, und eben dieser Verzicht auf die Sinnesempfindung, diese Beschränkung auf die objektiven, realen Vorgänge, welche an sich ohne Zweifel ein bedeutendes, der reinen

Erkenntnis zuliebe gebrachtes Opfer vom Standpunkt des unmittelbaren menschlichen Interesses bedeutet, hat einer über alles Erwarten großartigen Erweiterung der Theorie den Weg geebnet und gerade auch für die praktischen Bedürfnisse der Menschheit reiche Früchte ungeahnter Art gezeitigt.

Für die Frage nach dem physikalischen Wesen eines Lichtstrahls war von entscheidender Bedeutung die Entdeckung, daß das Licht, sowohl dasjenige, welches von den Gestirnen kommt, als auch das aus irdischen Lichtquellen stammende, eine gewisse meßbare Zeit braucht, um sich von dem Orte seiner Entstehung bis zu dem Orte der Wahrnehmung fortzupflanzen. Was ist nun aber dieses Etwas, das sich in dem leeren Weltenraum oder in der atmosphärischen Luft mit der ungeheuren Geschwindigkeit von 300 000 km in der Sekunde nach allen Seiten ausbreitet? Der Begründer der klassischen Mechanik, *Isaac Newton*, machte die einfachste und naheliegendste Annahme, daß es gewisse winzig kleine substanziielle Partikelchen sind, welche von der Lichtquelle, etwa einem glühenden Körper, mit jener Geschwindigkeit nach allen Richtungen auseinanderfliegen, verschiedenartig für jede Farbe, und es ist uns heute immer noch ein besonders auffallender Beweis dafür, daß auch in der exaktesten aller Naturwissenschaften eine überragende Autorität unter Umständen einen hemmenden Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft ausüben kann, wenn wir bedenken, daß diese Newtonsche Emanationstheorie ein volles Jahrhundert lang entschieden die Herrschaft behaupten konnte, trotzdem ihr ein anderer hochbedeutender Forscher, *Christian Huygens*, von Anfang an seine viel leistungsfähigere Undulationstheorie gegenübergestellt hatte. *Huygens* stellte die Geschwindigkeit des Lichtes nicht, wie *Newton*, in Parallele mit der Geschwindigkeit des Windes, sondern mit der Geschwindigkeit des Schalles, bei welchem die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ja etwas ganz anderes bedeutet als die Geschwindigkeit der Luftbewegung. Was sich in der Luft von einem tönenden Instrument aus oder auf einer Wasserfläche von einem hineingeworfenen Stein aus nach allen Richtungen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit ausbreitet, sind nicht die Luft- oder Wasserteilchen selber, sondern vielmehr die Verdichtungen und Verdünnungen oder die Wellenberge und -täler, also nicht die Materie selber, sondern ein bestimmter Zustand der Materie. Daher legte *Huygens* seiner Theorie eine den ganzen unendlichen Raum stetig erfüllende feine Materie, den Lichtäther, zugrunde, dessen Wellen im Auge ebenso die Lichtempfindungen erregen, wie die Luftwellen im Ohre die Tonempfindungen; und wie für das Gehör die Tonhöhe, so wird für das Gesicht die Farbe durch die Längen der Wellen oder, was auf dasselbe hinauskommt, durch die Zahl der Schwingungen pro Sekunde charakterisiert. Was der Huygensschen Theorie nach

hartem Kampf schließlich das entschiedene Übergewicht über die Newtonsche verlieh, war schließlich neben mehreren anderen Umständen die Tatsache, daß, wenn zwei Lichtstrahlen gleicher Farbe auf gleicher Bahn zusammentreffen, sich ihre Intensitäten keineswegs immer einfach addieren, sondern unter gewissen Bedingungen sich gegenseitig schwächen, ja sogar vollständig auslöschen. Diese Erscheinung, die Interferenz, wird nach der Huygensschen Auffassung ohne weiteres dadurch verständlich, daß immer ein Wellenberg des einen Strahles mit einem Wellental des anderen Strahles zusammentrifft, während die Newtonsche Emanationstheorie an diesem Punkt naturgemäß versagt, da es durchaus nicht einzusehen ist, wie zwei gleichartige, in gleicher Richtung mit der nämlichen Geschwindigkeit fliegende Substanteilchen sich gegenseitig neutralisieren können.

Ein weiterer grundsätzlich bedeutsamer Einblick in das Wesen des Lichtes ward gewonnen durch die Erkenntnis der Identität der leuchtenden und der wärmenden Strahlen; er bildet den ersten Schritt auf dem oben angedeuteten Wege der vollständigen Abstraktion von den menschlichen Sinnesempfindungen. Daß die kalten Lichtstrahlen des Mondes, physikalisch genommen, von genau der nämlichen Art sind, wie die dunklen Wärmestrahlen eines geheizten Kachelofens, nur durch die viel kürzere Wellenlänge von ihnen verschieden, ist eine Behauptung, von der man sich nicht wundern darf, daß sie anfangs vielfach Bedenken erregte, und bezeichnenderweise hat gerade derjenige Physiker, welcher an dem Beweise ihrer Richtigkeit den hervorragendsten Anteil nahm, *Melloni*, seine Versuche ursprünglich in der Absicht begonnen, ihre Unhaltbarkeit nachzuweisen. Es ist nämlich dabei im Auge zu behalten, daß, wie bei allen induktiven Schlußfolgerungen so auch hier, ein logisch zwingender Beweis überhaupt nicht geführt werden kann; was sich zeigen läßt, ist nur, daß alle Gesetze, welche für die leuchtenden Strahlen gelten, namentlich die der Reflexion, Brechung, Interferenz, Polarisation, Dispersion, Emission, Absorption, auch für die wärmenden Strahlen zutreffen. Aber wer sich trotzdem weigern wollte, die Identität beider Arten von Strahlen anzuerkennen, würde deshalb doch nie eines logischen Widerspruches überführt werden können; denn er könnte sich immer darauf berufen, daß möglicherweise künftig doch einmal noch ein durchgreifender Unterschied zutage kommen könnte. Die praktische Unhaltbarkeit seines Standpunktes besteht nur darin, daß er folgerichtig gezwungen ist, auf eine Reihe von wichtigen Schlußfolgerungen zu verzichten, welche die Identitätstheorie ohne weiteres mit sich bringt. Er dürfte z. B. nicht die Behauptung aufstellen, daß die Mondstrahlen auch wärmen, während diese Tatsache gegenwärtig für jeden vernünftigen Physiker, auch wenn sie nicht durch besondere Versuche bestätigt worden wäre, außer Zweifel stehen würde.

Der so geschlossenen Union zwischen den leuchtenden und den wärmenden, ultraroten Strahlen gliederten sich ohne weitere Schwierigkeit auf der anderen Seite des Spektrums die chemisch wirksamen, ultravioletten Strahlen an. Daß aber diese Gemeinschaft verschiedener Strahlenarten noch einer ungeheuren Erweiterung, und zwar nach beiden Seiten des Spektrums hin, fähig ist, sollte erst viel später an den Tag kommen. Um einen solchen großartigen Fortschritt zu erzielen, bedurfte es freilich noch einer besonderen Vorarbeit, nämlich des Überganges von der mechanischen zur elektromagnetischen Lichttheorie.

Nicht nur *Newton* und *Huygens*, sondern auch ihre unmittelbaren Nachfolger waren sich bei aller sonstigen Verschiedenheit ihrer Anschauungen doch darüber einig, daß das Verständnis für das Wesen des Lichts auf dem Boden der mechanischen Naturauffassung gesucht werden müsse, und diese Forschungsrichtung erhielt auch späterhin durch den mit der Entdeckung des Prinzips der Erhaltung der Energie verbundenen glänzenden Aufschwung der mechanischen Wärmetheorie von neuem einen mächtigen Antrieb. Daß die Ätherschwingungen nicht, wie die Luftschwingungen in einer Flöte, longitudinal, in der Richtung der Fortpflanzung, sondern, wie die Schwingungen einer Violinsaiten, transversal, senkrecht zur Richtung der Fortpflanzung, erfolgen, war bald durch den Nachweis der Polarisation festgestellt. Aber es wollte durchaus nicht gelingen, von den Gesetzen der allgemeinen Mechanik und der Elastizitätslehre aus dem Wesen dieser Bewegungen noch näher zu kommen, und je üppiger die Hypothesen auf dem Boden der mechanischen Theorie des Lichtes emporschossen, sei es durch die Annahme eines stetig ausgedehnten oder durch die eines atomistisch konstituierten Äthers, um so deutlicher zeigte sich die Unzulänglichkeit jeder einzelnen derselben. Da trat um die Mitte des vorigen Jahrhunderts *James Clerk Maxwell* mit der kühnen Hypothese auf, daß das Licht ein elektromagnetischer Vorgang ist. Er war durch seine Theorie der Elektrizität zu dem Schluß geführt worden, daß eine jede elektrische Störung sich von dem Ort ihrer Entstehung aus im leeren Raume wellenförmig mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km in der Sekunde fortpflanzt, und das Zusammentreffen dieser aus rein elektrischen Messungen abgeleiteten Zahl mit der Größe der Lichtgeschwindigkeit gab ihm den ersten Anstoß zu dem Versuch, das Licht geradezu als eine elektromagnetische Störung aufzufassen. Der Beweis für die Haltbarkeit dieses Standpunktes läßt sich auch hier nur dadurch führen, daß alle daraus entspringenden Folgerungen durch die Erfahrung bestätigt werden. Der mit seiner Gewinnung verbundene grundsätzliche Fortschritt lag in einer ungeheuren Vereinfachung der Theorie und in der Fülle der Folgerungen, die sich unmittelbar daraus ziehen lassen.

Freilich ist das Wesen der elektromagnetischen Vorgänge uns um keine Spur verständlicher wie das der optischen. Wer aber der elektromagnetischen Theorie des Lichtes als einen Nachteil anrechnen wollte, daß sie an die Stelle eines Rätsels ein anderes setzt, der verkennt die Bedeutung dieser Theorie. Denn ihre Leistung besteht eben darin, daß sie zwei Gebiete der Physik, die bis dahin getrennt voneinander behandelt werden mußten, zu einem einzigen vereinigt hat, daß also alle Sätze, welche für das eine Gebiet gelten, ohne weiteres auch auf das andere anwendbar sind — ein Erfolg, der der mechanischen Lichttheorie eben nicht gelungen ist und nicht gelingen konnte. Vor der Einführung der elektromagnetischen Lichttheorie zerfiel die Physik in drei getrennte Teile: die Mechanik, die Optik, die Elektrodynamik, und ihre Vereinigung bildete die letzte und größte Aufgabe aller physikalischen Forschung. Da nun die Optik sich durchaus nicht in die Mechanik einfügen wollte, ist sie nun statt dessen wenigstens mit der Elektrodynamik restlos verschmolzen und dadurch die Zahl der getrennten Gebiete auf zwei herabgemindert worden — der vorletzte Schritt auf dem Wege zur Einheit des physikalischen Weltbildes. Wann und wie der letzte Schritt: die Verschmelzung der Mechanik mit der Elektrodynamik, erfolgen wird, steht auch heute noch dahin, obwohl gerade gegenwärtig manche geistvolle Forscher bei dieser Aufgabe am Werke sind; einstweilen scheint sie noch nicht vollständig reif zur Lösung zu sein. Jedenfalls ist die ursprüngliche mechanische Naturauffassung, welche die Elektrodynamik einfach in die Mechanik aufgehen lassen will, dadurch, daß sie den Äther oder, falls der nicht mehr ausreicht, einen Ersatzstoff dafür als den Träger aller elektrischen Erscheinungen ansieht, gegenwärtig bei der Mehrzahl der Physiker stark in den Hintergrund getreten. Was ihr wohl am meisten Abbruch getan hat, ist die aus der Einsteinschen Relativitätstheorie fließende Folgerung, daß es einen objektiven, d. h. vom messenden Beobachter unabhängigen substantziellen Äther gar nicht geben kann. Denn sonst würde von zwei sich im Raume gegeneinander bewegendem Beobachtern höchstens einer das Recht haben zu behaupten, daß er sich gegenüber dem Äther in Ruhe befindet, während nach der Relativitätstheorie stets jedem von beiden die gleichen Rechte zustehen.

Was *Maxwell* nur prophetisch voraussagen konnte, das hat ein Menschenalter später *Heinrich Hertz* in die Tat umgesetzt, indem er die von *Maxwell* berechneten elektromagnetischen Wellen wirklich herstellen lehrte, und damit hat er der elektromagnetischen Theorie des Lichts, nach welcher sich die elektrischen Wellen von den thermischen und optischen Wellen nur durch ihre etwa millionenmal größere Wellenlänge unterscheiden, zum endgültigen Siege verholfen. Wurde so das optische Spektrum nach der Seite der langsamen Schwingungen in früher ungeahnter Weise er-

weitert, so stellte sich diesem Ausbau der Theorie bald ein entsprechender nach der entgegengesetzten Richtung ebenbürtig zur Seite durch die Entdeckung der Röntgenstrahlen und der noch erheblich schneller schwingenden sogenannten Gammastrahlen radioaktiver Substanzen. Auch diese Strahlen haben ganz den Charakter der Lichtwellen, es sind ebenfalls elektromagnetische Schwingungen, nur von ungeheuer viel kürzerer Wellenlänge; daß sie auch den nämlichen Gesetzen gehorchen, wurde durch die jüngste *Lauesche* Entdeckung der Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen noch besonders bekräftigt. Es ist bemerkenswert, wie leicht und sozusagen geräuschlos sich in der physikalischen Literatur der Übergang von der mechanischen zu der elektromagnetischen Betrachtungsweise vollzog — ein gutes Beispiel dafür, daß der Kern einer physikalischen Theorie nicht in den Anschauungen liegt, von denen sie ausgeht, sondern in den Gesetzen, zu denen sie führt. Die Grundgleichungen der Optik blieben bestehen, sie waren ja auch in Übereinstimmung mit der Erfahrung; aber sie wurden nun nicht mehr mechanisch gedeutet, so wie sie abgeleitet worden waren, sondern elektromagnetisch, und dadurch erweiterte sich ihr Anwendungsbereich ins Ungeheure.

Es ist nicht das erste Mal, daß ein wichtiges, weitgestecktes Ziel erreicht worden ist auf einem Wege, der sich hinterher als unzuverlässig erwiesen hat. Man könnte versucht sein, daraus den Schluß zu ziehen, daß die Theorie besser täte, von der Ausarbeitung spezieller, über die unmittelbare Erfahrung hinausgehender Hypothesen überhaupt abzusehen und sich auf das rein Tatsächliche, d. h. auf die Ergebnisse der Messungen, zu beschränken. Indessen würde sie dadurch gerade das wichtigste Hilfsmittel aus der Hand geben, das sie zum Vorwärtkommen unbedingt nötig hat: die Aufstellung und folgerichtige Entwicklung von Gedanken, die weiterführen. Hierzu bedarf es nicht nur des Verstandes, sondern auch der Phantasie. In der Tat: Mag auch die mechanische Lichttheorie heute ihren Dienst getan haben, ohne sie wäre die Optik sicherlich nicht so schnell zur heutigen Blüte gelangt.

Auch die Huygenssche Undulationstheorie hat nach der elektromagnetischen Anschauung ihren wesentlichen Inhalt unverändert bewahrt, welcher besagt, daß eine jede Störung sich vom Erregungszentrum aus nach allen Richtungen in konzentrischen Kugelwellen ausbreitet. Nur ist das, was sich ausbreitet, nicht mehr mechanische, sondern elektromagnetische Energie, da an die Stelle der periodischen Ätherschwingungen die hin und her schwankende elektrische und magnetische Feldstärke tritt.

Von dem so gewonnenen höheren Standpunkt aus gewährt uns die Lehre vom Licht, oder, wie man jetzt häufig deutlicher sagt, die Lehre von der strahlenden Energie, das Bild eines ebenso festgefügt wie einheitlichen und abgeschlosse-

nen Riesenbaues, in welchem alle äußerlich so gänzlich verschiedenartigen elektromagnetischen Schwingungen wohl geordnet nebeneinander Platz finden und alle von den nämlichen Gesetzen der Fortpflanzung, der Huygensschen Wellentheorie gemäß, regiert werden, auf der einen Seite die kilometerlangen Hertzschen Wellen, auf der anderen die harten Gammastrahlen, von denen Milliarden Wellen auf ein einziges Zentimeter gehen. Das menschliche Auge erscheint dabei ganz ausgeschaltet, es tritt nur als ein zufälliges, allerdings sehr empfindliches, aber doch recht beschränktes Reagenzmittel auf; denn es empfindet nur Strahlen innerhalb eines kleinen Spektralbezirks von kaum Oktavenbreite. Für das übrige Spektrum treten an die Stelle des Auges andere Empfangs- und Meßapparate, die den verschiedenen Wellenlängen angepaßt sind, wie der Wellendetektor, das Thermoelement, das Bolometer, das Radiometer, die photographische Platte, die Ionisierungszelle. So hat sich in der Optik die Trennung des physikalischen Grundbegriffs von der spezifischen Sinnesempfindung in ganz derselben Weise vollzogen wie in der Mechanik, wo der Begriff der Kraft schon längst seinen ursprünglichen Zusammenhang mit der Muskelempfindung verloren hat.

Meine Herren! Würde ich meinen Vortrag vor etwa 20 Jahren gehalten haben, so hätte ich ihn an dieser Stelle beenden können, denn grundsätzlich Neues wäre nicht mehr vorzubringen gewesen, und von dem geschilderten imposanten Bilde hätte sich eine ganz gute Schlußwirkung, zum höheren Ruhme der modernen Physik, erwarten lassen. Aber wahrscheinlich würde ich den Vortrag überhaupt nicht gehalten haben, aus Besorgnis, Ihnen darin zu wenig Neues bieten zu können. Das ist heute nun alles ganz anders geworden; denn seit jener Zeit hat sich das Bild nicht unwesentlich geändert. Das stolze Gebäude, das ich Ihnen soeben vorführte, hat neuerdings gerade in seinen Grundvesten gewisse ganz bedenkliche Lücken offenbart, und nicht wenige Physiker halten schon jetzt eine Neufundamentierung für geboten. Zwar die elektromagnetische Anschauung wird wohl für immer unangetastet bleiben, aber die Huygenssche Wellentheorie zeigt sich, wenigstens in einem wesentlichen Bestandteil, ernstlich bedroht, und die Ursache davon ist die Entdeckung gewisser neuer Tatsachen. Statt von dem vielseitigen hier vorliegenden Material möglichst viel zusammenzutragen, möchte ich zunächst nur auf eine einzige dieser Tatsachen etwas näher eingehen.

Läßt man ultraviolette Licht auf ein Metallstück fallen, das sich in einem evakuierten Raum befindet, so werden aus dem Metall eine gewisse Menge Elektronen mit mehr oder minder großer Geschwindigkeit herausgeschleudert, und da die Größe dieser Geschwindigkeit im wesentlichen nicht vom Zustand des Metalls, insbesondere auch nicht von seiner Temperatur abhängt, so liegt der

Schluß nahe, daß die Energie der herausfliegenden Elektronen nicht dem Metall, sondern den Lichtstrahlen entstammt, welche das Metall treffen. Dies wäre an sich nicht verwunderlich; man hätte eben anzunehmen, daß die elektromagnetische Energie der Lichtwellen sich in die kinetische Energie der Elektronenbewegung verwandelt. Was aber der Huygsschen Wellentheorie eine scheinbar unüberwindliche Schwierigkeit bereitet, ist die zuerst von *Philipp Lenard* festgestellte Tatsache, daß die Elektronengeschwindigkeit nicht etwa von der *Intensität* der Strahlung, sondern nur von der Wellenlänge derselben, also von der *Farbe* des verwendeten Lichtes abhängt, derart, daß sie um so bedeutender ist, je kürzere Wellen benutzt werden. Rückt man also das Metall in immer größere Entfernung von der Lichtquelle, als welche z. B. ein elektrischer Entladungsfunkle dienen kann, so fliegen trotz der schwächeren Beleuchtung die Elektronen doch immer mit der nämlichen Geschwindigkeit heraus; der einzige Unterschied ist der, daß mit der Abnahme der Lichtstärke die *Zahl* der in der Sekunde fortgeschleuderten Elektronen immer geringer wird.

Die Schwierigkeit liegt nun in der Beantwortung der Frage: woher nimmt ein herausfliegendes Elektron seine Bewegungsenergie, wenn schließlich die Entfernung von der Lichtquelle so groß wird, daß die Lichtintensität fast ganz verschwindet, während doch die Elektronen keine Spur einer Verminderung ihrer Geschwindigkeit zeigen? Es müßte sich hier offenbar handeln um eine Art Anhäufung der Lichtenergie auf die Stellen, wo die Elektronen abgeschleudert werden — eine Anhäufung, die der allseitigen gleichmäßigen Ausbreitung der elektromagnetischen Energie nach der Huygsschen Wellentheorie gänzlich fremd ist. Selbst wenn man annimmt, daß die Lichtquelle ihre Strahlung nicht gleichmäßig, sondern stoßweise, etwa nach Art eines Blinkfeuers, von sich gibt, so würde doch die Energie eines solchen Lichtblitzes bei der nach allen Richtungen gleichmäßigen wellenförmigen Ausbreitung der Strahlung sich schließlich auf eine so große Kugelfläche verteilen, daß das bestrahlte Metall nur verschwindend wenig davon empfängt, und es ist leicht zu berechnen, daß unter wohl realisierbaren Bedingungen eine minuten-, ja stundenlange Bestrahlung notwendig wäre, um einem einzigen Elektron seine durch die Farbe des Lichtes bedingte Geschwindigkeit zu verleihen, während tatsächlich bezüglich der für das Eintreten des Effekts erforderlichen Strahlungsdauer bisher noch keine einschränkende Bedingung festgestellt werden konnte; die Wirkung erfolgt vielmehr jedenfalls äußerst schnell. Wie bei den ultravioletten Strahlen, so wird auch bei den Röntgenstrahlen und bei den Gammastrahlen ganz derselbe Effekt beobachtet, wobei natürlich die Geschwindigkeit der abgelösten Elektronen, wegen der viel kürzeren

Wellenlänge dieser Strahlen, noch eine viel höhere ist.

Die einzig mögliche Erklärung für diese eigentümliche Tatsache scheint zu sein, daß die von der Lichtquelle ausgesandte Energie nicht nur zeitlich, sondern auch räumlich dauernd auf gewisse Häufungsstellen konzentriert bleibt, oder mit anderen Worten: daß die Lichtenergie sich nicht vollkommen gleichmäßig nach allen Richtungen ausbreitet, in endlos fortschreitender Verdünnung, sondern daß sie stets in gewissen bestimmten, nur von der Farbe abhängigen Quanten konzentriert bleibt, die mit Lichtgeschwindigkeit nach allen Richtungen auseinanderfliegen. Ein jedes derartige Lichtquantum, welches das Metall trifft, kann dann einem Elektron dortselbst seine Energie mitteilen, und diese bleibt dann natürlich immer dieselbe, mag die Entfernung von der Lichtquelle auch noch so groß sein.

Wir sehen hier die Newtonsche Emanationstheorie in einer anderen, energetisch modifizierten Form wieder auferstehen. Aber was der Newtonschen Emanationstheorie seinerzeit die weitere Entwicklung versperrte, die Erscheinung der Interferenz des Lichtes, türmt sich auch der Lichtquantentheorie gegenüber als eine ungeheure Schwierigkeit auf; denn es ist zurzeit schwer abzusehen, wie zwei gleich beschaffene, selbständig durch den Raum fliegende Lichtquanten, welche auf gemeinschaftlichem Wege zusammentreffen, sich gegenseitig sollen neutralisieren können, ohne daß das Energieprinzip verletzt wird.

Aus dieser Sachlage erwächst der Strahlungstheorie die dringende Aufgabe, jeden Versuch zu machen, um aus diesem nach beiden Seiten gefährlichen Dilemma auf irgendeine Weise herauszukommen. Da liegt es natürlich nahe, es auch mit der Annahme zu versuchen, daß die Energie der von dem Metall abgeschleuderten Elektronen doch nicht der Strahlung, sondern dem Metall entstammt, daß also die Strahlung nur auslösend wirkt, wie etwa ein winziger Funke in einem Pulverfaß beliebig große Mengen von Energie entfesseln kann. Nur müßte man dann die weitere Voraussetzung machen, daß der Betrag der ausgelösten Energie ausschließlich abhängig ist von der Art, in welcher die Auslösung erfolgt. Es fällt nicht schwer, in anderen Gebieten der Physik einigermaßen analoge Erscheinungen aufzuzeigen. Ich möchte hier beispielsweise an ein von *Max Born* gelegentlich gebrauchtes Bild etwas näher anknüpfen. Stellen Sie sich einen hohen Apfelbaum vor, in allen seinen Zweigen reich behangen mit reifen Früchten, die alle gleich groß, aber verschieden lang gestielt und so angeordnet sind, daß die kurzstieligen höher hängen als die langstieligen. Wenn nun ein äußerst schwacher, aber gleichmäßiger Wind durch die Zweige weht, werden die Äpfel alle ein wenig hin und her pendeln, die höherhängenden schneller, die tieferhängenden

langsamer, ohne daß einer von ihnen herabfällt. Wenn man jedoch den Baum ebenfalls äußerst schwach, aber in einem bestimmten regelmäßigen Rhythmus schüttelt, so werden die Schwingungen derjenigen Äpfel durch Resonanz verstärkt, deren Periode mit dem Tempo des Schüttelns gerade übereinstimmt, und von ihnen wird eine Anzahl herabfallen, um so mehr, je länger und je kräftiger geschüttelt wird. Diese Äpfel werden mit einer ganz bestimmten, nur durch ihre ursprüngliche Höhe, also auch nur durch die Länge ihres Stieles bedingten Geschwindigkeit zu Boden fallen, alle übrigen bleiben hängen.

Es versteht sich, daß dieses Gleichnis, wie jedes andere, in mancher Beziehung hinkt, schon deshalb, weil in dem von mir geschilderten Bilde als maßgebende Energiequelle nicht innere kinetische Energie, sondern die Gravitation auftritt. Aber der wesentliche Punkt findet sich darin doch verwirklicht, daß nämlich die Endgeschwindigkeit der abgelösten Partikel lediglich von der Periode der Störung abhängt, während die Stärke der Störung nur die Zahl dieser Partikel beeinflußt.

Darf man aber einem winzigen Metallteilchen eine so verwickelte Struktur und eine solche Fülle von Energie andichten wie einem Apfelbaum? Diese Frage ist weniger verhängnisvoll als sie vielleicht zunächst klingt. Denn wir wissen längst, daß die chemischen Atome durchaus nicht die einfachen unveränderlichen Bausteine sind, aus denen sich alle Materie zusammensetzt, daß vielmehr jedes einzelne Atom, besonders dasjenige eines Schwermetalls, als eine ganze Welt betrachtet werden muß, deren Inhalt sich um so reicher und bunter erweist, je tiefer man in sie eindringt. Und was die Energie betrifft, so enthält nach der Relativitätstheorie jedes Gramm einer Substanz in sich einen von der Temperatur ganz unabhängigen Energiebetrag von über 20 Billionen Kalorien, mehr als genug, um eine Unzahl Elektronen auszuschleudern.

Ob nun die zuletzt angedeutete Auffassung wirklich den rettenden Ausweg für die gefährdete Wellentheorie bedeutet, oder ob sie schließlich doch nur in eine Sackgasse hineinführt, wird sich nur dadurch entscheiden lassen, daß man den geschilderten Weg wirklich betritt und zusieht, wo er endigt. Hier hat zunächst die Arbeit des Theoretikers einzusetzen. Er muß sich vor allem in eine der beiden einander gegenüberstehenden Hypothesen vertiefen, und zwar ohne Rücksicht darauf, ob er derselben mehr oder weniger Vertrauen schenkt, und muß die in ihr steckenden Folgerungen herausarbeiten, um sie in eine Form zu bringen, die der Prüfung durch das Experiment zugänglich ist. Dazu gehört außer der physikalischen Schulung und dem nötigen mathematischen Rüstzeug auch ein zutreffendes Urteil über das Maß der Anforderungen, die man an die Genauigkeit der Messungen stellen darf; denn die zu erwartenden Effekte liegen zumeist hart

an der Grenze der Beobachtungsfehler. Wann wir auf diesem Wege bei dem vorliegenden Problem zu ganz klaren Resultaten gelangen werden, läßt sich heute noch nicht mit Sicherheit voraussagen.

Was ich hier über die Wirkungen des Lichts auszuführen suchte, das gilt in ganz ähnlicher Weise auch von den Ursachen des Lichts, also von den Vorgängen bei der Erzeugung der Lichtstrahlen. Auch hier stehen gewissen überraschend tiefen Einblicken, die man neuerdings in die Gesetzmäßigkeit des natürlichen Geschehens tun konnte, neue schwer entwirrbare Rätsel gegenüber. Sicher ist nur so viel, daß auch bei der Entstehung des Lichtes die nämlichen Quanten wieder eine charakteristische Rolle spielen.

Nach der kühnen Hypothese des dänischen Physikers *Niels Bohr*, deren Erfolge sich gerade in der letzten Zeit erstaunlich vervielfacht haben, finden in jedem Atom eines leuchtenden Gases Schwingungen von Elektronen statt, die in größerer oder geringerer Anzahl und in verschiedenen Abständen um den schweren Atomkern herum kreisen, in ganz bestimmt gearteten Bahnen, doch genau nach den nämlichen Gesetzen wie die Planeten um die Sonne. Aber das Licht, welches aus diesen Schwingungen entspringt, wird keineswegs so ununterbrochen und gleichmäßig von dem Atom in den umgebenden Raum hinausgesandt, wie etwa die Schallwellen von den Zinken einer schwingenden Stimmgabel, sondern die Emission des Lichtes erfolgt immer nur abrupt, stoßweise; denn sie wird gar nicht bedingt durch die regelmäßigen Elektronenschwingungen selber, sondern sie tritt nur dann ein, wenn diese Elektronenschwingungen einmal plötzlich eine Veränderung erleiden, und zwar einen gewissen Zusammenbruch in sich selbst, also eine Art innerer Katastrophe, welche die Elektronen aus ihren ursprünglichen Bahnen in andere, stabilere, mit geringerer Energie ausgestattete Bahnen wirft; und der dabei verbleibende Überschuß von Energie ist es, welcher das Atom verläßt, um nun als ein Lichtquantum in den Raum hinauszueilen.

Das Seltsamste bei diesem Vorgang ist wohl, daß die Periode des emittierten Lichtes, also seine Farbe, nicht im geringsten zusammenhängt mit der Periode der Elektronenschwingungen, weder in ihren ursprünglichen noch in ihren späteren Bahnen; sie wird vielmehr ausschließlich bedingt durch den Betrag der emittierten Energie. Da nämlich das Lichtquantum um so größer ist, je schneller die Schwingungen erfolgen, so entspricht einem größeren Energiebetrag, als Lichtquantum genommen, eine kürzere Wellenlänge. Wenn also z. B. viel Energie emittiert wird, so entsteht etwa ultraviolette oder gar Röntgenstrahlung; wenn aber wenig emittiert wird, so entsteht rote oder ultrarote Strahlung. Wieso es aber kommt, daß die Schwingungen des solcherweise erzeugten Lichtes mit äußerster Regelmäßigkeit, streng monochromatisch, erfolgen, bleibt einstweilen vollständig im Dunkeln.

Fürwahr: man könnte geneigt sein, alle diese Vorstellungen als das Spiel einer zwar blühenden, aber doch leeren Phantasie zu bewerten. Wenn man jedoch andererseits bedenkt, daß es mit Benutzung dieser Hypothesen gelingt, die geheimnisvolle, schon seit Jahrzehnten von zahlreichen Physikern in unablässiger angestrengter Arbeit durchforschte Struktur der Spektren der verschiedenen chemischen Elemente, insbesondere die verwickelten Gesetzmäßigkeiten in der Anordnung der Spektrallinien, über die bereits ein riesiges, kostbares Beobachtungsmaterial angesammelt und gesichtet ist, mit einem Schlage aufzuhellen, nicht nur im großen und ganzen genommen, sondern, wie zuerst *Arnold Sommerfeld* nachgewiesen hat, zum Teil bis in die feinsten Einzelheiten hinein, mit einer Genauigkeit, welche mit der der schärfsten Messungen wetteifert, ja sie stellenweise noch übertrifft — dann wird man sich doch des Eindrucks nicht erwehren können, daß es wieder einmal wirklich gelungen ist, der Natur etwas auf die Sprünge zu kommen, im wörtlichen Sinne gesprochen, und daß man wohl oder übel sich entschließen muß, diesen Lichtquanten eine gewisse reale Existenz zuzuerkennen, wenigstens für den Augenblick ihres Entstehens. Was dann später aus ihnen wird, wenn sich das Licht weiter in die Umgebung verbreitet: ob die Energie eines Quantums räumlich dauernd beisammen bleibt, im Sinne der Newtonschen Emanationstheorie, oder ob sie sich, im Sinne der Huygensschen Wellentheorie, nach allen Richtungen ausbreitet und dadurch ins Endlose verdünnt, das ist eine andere Frage, deren grundsätzliche Bedeutung schon früher von mir betont wurde.

So klingt denn mein heutiger Bericht über unsere Kenntnisse von dem physikalischen Wesen des Lichts nicht in eine stolze Verkündigung, sondern in ein bescheidenes Fragezeichen aus. In der Tat ist die Frage, ob die Lichtstrahlen selber gequantelt sind, oder ob die Quantenwirkung nur in der Materie stattfindet, wohl das erste und schwerste Dilemma, vor das die ganze Quantentheorie gestellt ist, und dessen Beantwortung ihr erst die weitere Entwicklung weisen wird.

Ich habe Sie, meine Herren, mit meinen Ausführungen auf engem Pfade weit, vielleicht weiter als manchem ratsam erscheinen mag, an die äußerste Front der Forschung zu geleiten versucht, bis an eine der mancherlei Stellen, wo gegenwärtig Pioniere aller Nationen in unblutigem Wetteifer darum ringen, auf neuem, unbekanntem Gelände festen Fuß zu fassen. Auch unsere Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft ist in gewissem Sinne an diesen Arbeiten beteiligt, da sie ein besonderes Institut für physikalische Forschung besitzt, und der Name seines Direktors: *Albert Einstein* bürgt dafür, daß jede an die Direktion gelangende Anregung, welche einen Erfolg in Aussicht stellt, auf das sorgsamste

geprüft und gegebenenfalls kräftig unterstützt werden wird. Es wäre gerade in der heutigen, an grausamen Enttäuschungen so reichen und auf hoffnungsvolle Ausblicke so sehnlich harrenden Zeit ein trostverheißendes Zeichen dafür, daß in unserem Vaterland an manchen Stellen die geistigen Kräfte doch noch von der alten Frische sind, wenn gerade die deutsche Forschung dazu beitragen könnte, auf diesem für die internationale Wissenschaft hochbedeutsamen Gebiete einen weiteren entscheidenden Schritt vorwärts zu tun.

Die physiologische Verbrennung als elektrolytischer Oxydationsprozeß.

Von Prof. Dr. Alexander Nathansohn, Dresden¹⁾.

Bis in die Tage von *Lavoisier* reichen die Versuche zurück, das Rätsel der physiologischen Verbrennung aufzuklären: die Tatsache, daß im Organismus reaktionsträge Stoffe, wie Eiweißkörper, Kohlehydrate und Fette durch den ebenso reaktionsträgen Sauerstoff der Luft mit nicht unbeträchtlicher Reaktionsgeschwindigkeit völlig oxydiert werden.

Sauerstoffaktivierung, Fermentwirkung oder die Kombination dieser beiden Prozesse wurden zur Lösung des Problems herangezogen, und obwohl die Enzymforschung manchen Fortschritt in dieser Richtung gezeitigt hat, ist ihr eine restlose Aufklärung doch nicht gelungen. Im Gegenteil haben neuere Versuchsergebnisse von *Warburg*, *Battelli* und *Stern*, *Meyerhof* u. a. gezeigt, daß auf diesem Wege das erstrebte Ziel überhaupt nicht erreicht werden kann, denn sie beweisen eindeutig, daß die *Atmung*, zum mindesten in ihrer Intensität, in hohem Maße von der Struktur des Protoplasmas abhängt. Derselbe Schluß, zu dem zahlreiche Versuche führen, drängt sich auch auf Grund theoretischer Betrachtungen auf: die Atmung ist ja die Energiequelle aller Lebensvorgänge, und ihr Ablauf muß so erfolgen, daß die dabei frei werdende Energie nicht direkt in Wärme umgewandelt, sondern zur Schaffung der für die vitalen Prozesse notwendigen Energiepotentiale benützt wird.

Wir stehen also vor der Frage, in welcher Weise die Protoplasmastruktur einerseits die physiologische Verbrennung ermöglicht oder zum mindesten befördert, andererseits ihre energetische Ausnutzung vermittelt; und da müssen wir uns in erster Linie darüber klar werden, worin in physikalischer Hinsicht das Charakteristische dieser Struktur liegt. Die Antwort ist einfach: welche Annahme wir im einzelnen auch machen mögen, ob wir Fibrillen, Granula oder Waben als die Elemente des Protoplasmas ansehen, unter

¹⁾ Vgl. die demnächst erscheinende Arbeit: *Nathansohn*, Über kapillarelektische Vorgänge in der lebenden Zelle, Kolloidchem. Beihefte Bd. XI (1919), Verl. v. Theodor Steinkopff, Dresden, wo die hier in Kürze skizzierte Theorie eingehend begründet ist.

allen Umständen haben wir in ihm ein ungeheures Oberflächensystem vor uns, denn die Plasmastruktur besteht eben darin, daß in ihm Teile von ungleicher Beschaffenheit aneinander grenzen. Um uns ein Bild von der dabei in Frage kommenden Größenordnung zu machen, nehmen wir an, eine würfelförmige Plasmamasse von 1 cm^3 bestände durchweg aus Waben von 1μ Seite, so berechnet sich daraus eine Gesamtoberfläche von 6 qm. Nehmen wir submikroskopische Strukturen an, so gelangen wir unter nicht unwahrscheinlichen Voraussetzungen gar zu Werten von mehr als 50 qm. auf eine solche Fläche verteilt sich nun die physiologische Verbrennung, an der doch jedes lebende Strukturelement mitwirken muß. Diese Oberfläche stellt aber nicht nur eine materielle Grenze dar, sie ist vielmehr der Sitz von Potentialsprüngen, u. a. auch solcher von elektrischer Natur, und diese müssen notwendigerweise tief in den Stoffwechsel, vor allem in den Ablauf der Oxydationsvorgänge eingreifen.

Über die Ursache der bioelektrischen Erscheinungen sind wir jetzt einigermaßen im klaren: nach der von Ostwald begründeten, von Bernstein u. a. ausgebauten Membrantheorie beruhen sie auf ungleicher Ionenverteilung an den protoplasmatischen Grenzflächen, deren Substanz im allgemeinen vorzugsweise für Kationen aufnahmefähig ist. Jede Ungleichheit der Salz- oder Säurekonzentration an verschiedenen Punkten solcher Flächen führt daher zum Auftreten elektrischer Spannungen. Da nun alle protoplasmatischen Schichten Kapillarsysteme darstellen, führen, wie schon Freundlich auseinandergesetzt hat, solche Spannungsdifferenzen zur Entwicklung lokaler Membranströme. Denn da die Spannung an den wassererfüllten Kapillarenöffnungen eine andere sein wird als an den Grenzflächen der eigentlichen Membransubstanz, müssen sich Ströme einstellen, sobald die beiden Seiten der Membran von verschiedenen Lösungen bespült werden: sie werden in der einen Richtung durch die Kapillaren, in der entgegengesetzten durch die Membranteilchen selbst gehen.

Elektrische Ströme erzeugen aber in einem Kapillarsystem konvektive Wasserbewegung, sog. Elektroosmose, und diese ist wiederum unter geeigneten Bedingungen von elektrolytischen Vorgängen begleitet, sog. Stenolyse. Braun hat dieses Phänomen entdeckt, Coehn die theoretische Deutung der beobachteten Erscheinungen gegeben. Der Zusammenhang zwischen Elektroosmose und Elektrolyse besteht danach darin, daß der elektrische Strom die beweglichen Wasserteilchen, die gegen die feste Wandsubstanz eine elektrostatische Ladung annehmen, mit sich fortführt und dadurch die Doppelschicht an den Kapillarenwänden fortdauernd zerreißt. Es werden auf diese Weise an den Kapillarenenden entgegengesetzte Ladungen frei, die nicht durch die entsprechende Gegenladung kompensiert

sind, und zwar auf der einen Seite an der Wandsubstanz, auf der andern an dem elektroosmotisch bewegten Wasser, sobald es aus der Kapillare heraustritt. Die Reaktion dieser Ladungen mit den Ionen der Lösung führt die Stenolyse herbei. Diese kann genau wie jede andere Elektrolyse nur dann dauernd unterhalten werden, wenn die Möglichkeit für die Ausscheidung der Elektrolysenprodukte, oder aber für ihre dauernde Entfernung durch Oxydations- und Reduktionsprozesse gegeben ist. Im Protoplasma trifft dies zu.

Die Stenolyse wird sich hier zunächst auf das Wasser erstrecken; dessen elektrolytische Zersetzung könnte aber an sich, bei den geringen in Betracht kommenden Spannungen nicht weit gehen, sie müßte vielmehr nach Bildung minimaler H- und O-Mengen zum Stillstand kommen. Die Erfahrungen der Elektrochemie lehren aber, daß auch unter solchen Umständen dauernde Wasserzersetzung möglich ist, wenn nur die naszierenden Spaltungsprodukte ununterbrochen durch geeignete Oxydations- und Reduktionsmittel, wie z. B. Chinon und Hydrochinon, beschlagnahmt werden; unter diesen Umständen erfolgt auch bei minimalsten Spannungen Elektrolyse des Wassers, und hat sekundäre Oxydations- und Reduktionsvorgänge im Gefolge.

Für derartige dauernde Beschlagnahme der naszierenden Produkte elektrolytischer Wasserzersetzung sind aber im Protoplasma die Bedingungen gegeben. Überall finden sich in ihm als Abbauprodukte der eigentlichen Nahrungsstoffe organische Säuren, Aldehyde und Alkohole, die zwar mit molekularem Sauerstoff träge reagieren, durch naszierenden O aber leicht angreifbar sind: das geht schon aus ihrem Verhalten bei gewöhnlicher Elektrolyse und auch bei Behandlung mit H_2O_2 in Anwesenheit von Fe-Ionen hervor. Gefördert wird diese Angreifbarkeit dann sein, wenn, wie wir es z. B. von den Aldehyden wissen, spezifische Enzyme ihre Oxydation durch die verschiedensten Sauerstoffquellen fördern; vor allem aber durch die überall anwesenden Fe-Ionen, die die denkbar besten Katalysatoren für elektrolytische Oxydation sind; und in der Tat ist es Warburg gelungen, die entscheidende Bedeutung der minimalen Eisenmengen im Protoplasma für die Atmung experimentell zu beweisen. Auf diese Weise wird aller naszierende Sauerstoff entfernt werden; das gleiche Schicksal muß aber auch den entstehenden Elektrolytwasserstoff treffen. Er reagiert ja schon an sich bis zu einem gewissen Grade ohne weiteres mit molekularem O. Aber auch diese Reaktion wird durch Fe-Ionen gefördert; und ebenso werden im Protoplasma hier jene komplizierten Systeme sauerstoffübertragender Körper mitwirken, deren Bedeutung für den Atmungsprozeß bisher noch so dunkel erschien.

Es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß die elektrischen Erscheinungen im Protoplasma von elektrolytischen Oxydationsvorgängen be-

gleitet sind, und da sie ihrerseits jede Aktion sensorischer, motorischer und sekretorischer Art in gesetzmäßiger Weise begleiten, so muß bei jeder von diesen Funktionen eine gesetzmäßige Steigerung des oxydativen Stoffwechsels eintreten, was ja tatsächlich in vielen Fällen erwiesen ist. Das gilt aber nicht nur dann, wenn wir Aktionsströme von der Organoberfläche ableiten können: bereits Pfeffer hat darauf hingewiesen, daß auch intrazellulär Stromschwankungen infolge der inneren Tätigkeit des Protoplasmas auftreten müssen, von denen uns die Ableitung von der Organoberfläche nichts sagt. So haben wir uns denn das lebende Plasma dauernd von einem Netz elektrischer Ströme durchzogen zu denken, die in der kurz dargelegten Weise in den Stoffwechsel eingreifen.

Bis hierher handelt es sich nicht um eine Theorie, sondern um unmittelbare Schlußfolgerungen aus den bekannten physikalischen und physiologischen Tatsachen: diese lehren uns, daß im Protoplasma Stoffwechselvorgänge eine Rolle spielen, die im Endergebnis auf die Oxydation organischer Substanzen durch Luftsauerstoff hinauslaufen, in deren Reaktionskette aber als Zwischenglied die elektrolytische Wasserzersetzung eingeschaltet ist. Die Oxydation erfolgt unmittelbar durch naszierenden Sauerstoff, die Sauerstoffbindung durch naszierenden Wasserstoff, und so erkennen wir in den kapillarelektrischen Eigenschaften des Protoplasmas eine Struktureigentümlichkeit, die fördernd auf die Oxydationsintensität wirkt.

Das ist es aber, wonach wir zur Erklärung der Erfahrungen über den Einfluß der Struktur auf die Atmung suchen; und so drängt sich die Frage auf, ob wir berechtigt sind, unsere Schlußfolgerungen noch weiter auszudehnen und den ganzen Atmungsvorgang als einen elektrolytisch betriebenen Oxydationsprozeß anzusehen. Dafür wäre die Hauptbedingung, daß sich die tatsächlich beobachteten Atmungsintensitäten auf diesem Wege erklären lassen, und zwar unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die dabei wirksamen Potentiale wahrscheinlich 0,1 V nicht wesentlich übersteigen. Nun entspricht bei einem äußerst tätigen Organ, der lebenden Katzenleber, die Atmungsintensität einem stündlichen O-Verbrauch von ca. 3 mg pro g Substanz. Diese Reaktion würde sich, wie oben auseinandergesetzt wurde, auf eine Oberfläche von ca. 5—50 qm verteilen; die dazu nötige Geschwindigkeit der elektrolytischen Oxydation ist aber außerordentlich klein. Aus Untersuchungen von Haber und Ruf kennen wir diesen Wert für das Hydrochinon in saurer Lösung; und dieser ist, je nach der Annahme, die wir über die Plasmastruktur machen, unter gleichen Potentialverhältnissen 500—5000-mal so groß als die Geschwindigkeit der physiologischen Verbrennung. Dieser Vergleich mit dem Hydrochinon, das doch in saurer Lösung auch schon ein einigermaßen stabiler Körper ist, gibt

uns die Sicherheit, daß die Reaktionsgeschwindigkeit der organischen Säuren usw. mit dem Elektrolytsauerstoff, namentlich bei Mitwirkung von Enzymen und Fe-Ionen, tatsächlich groß genug ist, um die Intensität des Atmungsprozesses verständlich zu machen; das Rätsel dieses Vorganges würde so durch die Erkenntnis gelöst werden, daß an Stelle des trägen Luftsauerstoffs der aktionsfähige Sauerstoff aus der Elektrolyse des Wassers tritt.

Nun haben wir uns noch die Frage zu stellen, auf welche Weise die notwendige Verteilung der „Atmungsströme“ auf die gesamte Strukturoberfläche des Protoplasmas erfolgen könnte. In dieser Hinsicht müssen wir eine hypothetische Annahme machen; am einfachsten ist die, daß an den plasmatischen Schichten, etwa an jeder Wabenwand, die beiden Seiten sich in ihrem Stoffwechsel verschieden verhalten, und zwar so, daß auf der einen die Enzyme lokalisiert sind, die den Abbau der Nahrungsstoffe und ihre Oxydation durch Elektrolytsauerstoff bewirken, auf der andern die, die die Oxydation naszierenden Wasserstoffs durch atmosphärischen O vermitteln. Diese Lokalisation der Stoffwechselprozesse würde eine dauernde Differenz der H-Ionen-Konzentration zur Folge haben und somit Entstehung und allgemeine Verbreitung der Membranströme, deren die dauernde Unterhaltung der elektrolytischen Oxydation bedarf. Am einfachsten wäre diese Bedingung realisiert, wenn jedes Plasmateilchen einen polaren Bau aufwiese, dergestalt, daß an seinen entgegengesetzten Enden verschiedene Enzyme lokalisiert wären; dann wären an jedem aus derartigen, gesetzmäßig angeordneten Plasmateilchen bestehenden Strukturelement die Bedingungen für Stromentwicklung und damit für elektrolytische Oxydation gegeben. Gewiß ist das eine hypothetische Annahme; aber sie erscheint nicht gewagt, und es ist zu bedenken, daß irgend eine Struktureigentümlichkeit des Plasmas unbedingt an der Atmung beteiligt ist, und daß durch unsere Hypothese das bisher so rätselhafte Problem der physiologischen Verbrennung eine einfache und den Tatsachen angepaßte Lösung erfährt.

Wichtig ist nun, daß wir auf diesem Wege nicht nur zu einer einfachen Auffassung über den Mechanismus der Atmung gelangen, sondern auch zu einem vertieften Verständnis für die Energietransformation im Protoplasma. Zwar beruht ein großer Teil der hierzu gehörigen Vorgänge auf örtlichen oder zeitlichen Konzentrationsdifferenzen, die durch Lokalisation oder rhythmischen Ablauf chemischer Prozesse bedingt werden; hierzu gehört jedenfalls auch der wichtige Vorgang der Muskelkontraktion. Aber eine ganze Reihe von Erscheinungen läßt sich so nicht erklären, vor allem nicht die Sekretionsprozesse, bei denen Wasser und gelöste Stoffe zwangsweise, gegen das Druck- oder Konzentrationsgefälle transportiert werden.

Bereits früher haben *Girard* und *Bernstein* die Elektroosmose zur Erklärung derartiger Erscheinungen herangezogen, und *Bernstein* hat diese Erklärung durch einen interessanten Versuch illustriert: eine mit Ferrocyankalium gefüllte Tonzelle wurde in Kupfersulfatlösung gestellt; nach Entstehung der bekannten semipermeablen Ferrocyankupfermembran bewegte sich Wasser von außen nach innen, obwohl die Innenlösung hypotonisch war. *Freundlich* hat nun ausgeführt, daß dieser Effekt nicht durch bloße Spannungsdifferenzen zu beiden Seiten der Membran herbeigeführt sein kann, sondern daß dazu die oben beschriebenen lokalen Membranströme nötig sind; diese müssen aber entweder durch Salzdifffusion oder aber durch Oxydations- und Reduktionsreaktionen zwischen Außen- und Innenlösung unterhalten werden. *Freundlich* weist im Anschluß daran auf die prinzipielle Möglichkeit einer ähnlichen Kopplung chemischer und elektroosmotischer Vorgänge im Protoplasma hin.

Die elektrolytische Atmungstheorie erklärt nun diesen Zusammenhang aufs einfachste. Da in ihrem Lichte die Atmung ursächlich mit dauernder elektroosmotischer Wasserbewegung verknüpft ist, bedarf es nur einfacher polarer Zellorganisationen, um konstant gerichtete Wasserströme zu erzeugen, wie wir sie im Tierkörper bei zahlreichen Resorptions- und Sekretionsvorgängen, in der Pflanze bei Erzeugung des Blutungsdruckes beobachten. Auch diejenigen sekretorischen Vorgänge lassen sich auf ringförmige Membranströme der beschriebenen Art zurückführen, in denen gelöste Stoffe dem Konzentrationsgefälle entgegen wandern: tatsächlich transportiert ja der elektrische Strom in dieser Weise sowohl Ionen als auch geladene Kolloide. Nur müssen wir hier eine besondere Annahme machen: daß nämlich, wenn ein Salz, wie NaCl auf diese Weise sezerniert wird, seine Ionen dabei verschiedene Wege gehen, z. B. das Kation durch die Membransubstanz mit dem positiven, das Anion durch die Kapillaren mit dem negativen Strom, denn sonst wäre es nicht zu erklären, wie die Potentialdifferenz zu beiden Seiten der Membran den Transport der entgegengesetzt geladenen Ionen nach einer Richtung bewirkt. Diese Annahme ist aber nicht unwahrscheinlich und findet eine gewisse Begründung in der bereits erwähnten selektiven Aufnahmefähigkeit der Membransubstanz für Kationen.

Die sekretorischen Vorgänge, für deren Mechanik und Energetik sich auf diese Weise eine Erklärungsmöglichkeit bietet, greifen aber mittelbar auch in chemische, motorische und formative Funktionen ein. Am klarsten läßt sich das an den Stoffwechselvorgängen erkennen; denn jeder Sekretionsprozeß, der dauernd ein Diffusionsgleichgewicht stört, verhindert damit auch das Bestehen oder Zustandekommen chemischer Gleichgewichte, indem er auswählend einen Teil der miteinander reagierenden Stoffe entfernt;

und dadurch müssen chemische Reaktionen in eine Bahn kommen, die verschieden oder entgegengesetzt ist der, die die fragliche Reaktion bei ungestörtem Verlauf in vitro nimmt. Solche Vorgänge spielen sich aber nicht nur an Drüsen ab, die ihr Sekret nach außen befördern, sondern zweifellos auch intrazellulär. Denn, wie *Biedermann* betont hat, besteht zwischen typischen Sekretionsprozessen und Ausscheidung von Stoffwechselprodukten innerhalb des Protoplasmas keinerlei Unterschied, und auch für diese Vorgänge haben wir die gleiche Mechanik anzunehmen, wie für die Funktion der Drüsen. Es ergeben sich also Ausblicke auf die Erklärung der Mechanik von Synthesen der Polysaccharide, Eiweißstoffe und Fette, und vor allem auf die Art der Verknüpfung dieser Vorgänge mit der Atmung; denn solche unfreiwilligen Reaktionen müssen in irgendeinem Zusammenhang mit der Energie liefernden physiologischen Verbrennung stehen. So bietet also die elektrolytische Atmungstheorie nicht nur die Deutung bekannter Erscheinungen, sondern auch Ausgangspunkte für die Erforschung noch unaufgeklärter Zusammenhänge.

Die Braunsche Rahmenantenne und ihr Anwendungsgebiet in der drahtlosen Technik.

Von Dr. A. Esau, Berlin.

Die Antennenanlage einer drahtlosen Station hat zwei verschiedene Aufgaben zu erfüllen. „Sendet“ die Station, so dient sie dazu, die in den eigentlichen Senderapparaten erzeugte Energie in Form von Wellen auszustrahlen. „Empfängt“ sie, so entzieht sie den den Äther durchlaufenden Wellen Energie und führt sie den Empfangsapparaten zu.

In den ersten Entwicklungsjahren der drahtlosen Telegraphie, wo die Betriebsbedingungen der drahtlosen Stationen wesentlich einfacher waren als heutzutage, benutzte man für beide Zwecke ein und dieselbe Antenne. Nachdem aber Untersuchungen und praktische Erfahrungen gezeigt hatten, daß die Anforderungen an die Beschaffenheit des Luftleiters beim Senden und Empfangen wesentlich voneinander verschieden sind, und ein einziger Luftleiter beiden Ansprüchen nicht gleichzeitig zu entsprechen vermag, ging man dazu über, die Station mit zwei voneinander unabhängigen Luftleitergebilden auszurüsten. Damit war die Möglichkeit gegeben, jeden der beiden Luftleiter so zu gestalten, daß er die an ihn gestellten Anforderungen möglichst restlos erfüllen konnte.

Der Sendeluftleiter muß ein genügend großes elektrisches Fassungsvermögen (Kapazität) besitzen, um die Energie der Station ohne schädliche Verluste durch Sprühen aufnehmen zu können, und zwar muß die Kapazität mit der Größe der Energie wachsen. Man erreicht sie mit

einer Antennenform, die aus einer Reihe von Drähten (Drahtnetz) besteht und die für Energien von mehreren 100 kW eine recht erhebliche Fläche überspannt.

Im Gegensatz hierzu verlangt der Empfänger einen Luftleiter von möglichst kleiner Kapazität, eine Forderung, die am besten erfüllt wird von einer Antennenform, die nur aus einem einzigen Draht oder einer sehr beschränkten Drahtzahl besteht. Eine große Kapazität ist hier zwecklos, da die beim Empfang auftretenden Energien verschwindend klein sind gegenüber den beim Senden vorhandenen.

Luftleiter von möglichst kleiner Kapazität erweisen sich für Empfangszwecke aus zweierlei Gründen als besonders geeignet. Einmal besitzen sie eine kleinere Dämpfung als Antennen mit größerer Kapazität und können deshalb auf die zu empfangende Welle *viel schärfer abgestimmt* werden. Aus demselben Grunde werden sie von fremden Sendern *erheblich weniger gestört* als stark gedämpfte Antennen, ein Vorteil, der bei der immer größer werdenden Anzahl drahtloser Stationen von erheblicher praktischer Bedeutung ist. Außer den Störungen von fremden Sendern wirken auf die Empfangsapparate noch Störungen anderer Art ein, die ihren Sitz in der Atmosphäre haben. Von deren Beschaffenheit hängen Erscheinungen ab, die bei uns häufig in den Sommermonaten und vor allen Dingen in tropischen Gegenden den Empfang der Zeichen vollkommen unmöglich machen. Es gelingt zwar durch besondere Anordnung, die störenden Einflüsse dieser „atmosphärischen Störungen“, wie sie genannt worden sind, etwas einzudämmen, doch ist bisher ein radikales Mittel zu ihrer vollständigen Beseitigung noch nicht gefunden worden. Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß Antennen von kleiner Kapazität diesen Störungen weniger unterworfen sind, als ausgedehnte Luftleiter (großer Kapazität). Aus diesem Grunde sind die Antennenformen für Empfangszwecke in erster Linie geeignet, die ein geringes elektrisches Fassungsvermögen besitzen.

Die Ausrüstung einer drahtlosen Station mit getrenntem Sender und Empfangsluftleiter war aber selbst dann, wenn elektrische Gründe für eine Trennung nicht vorhanden gewesen wären, schon bedingt durch die Forderung, daß die Station in der Lage sein soll, gleichzeitig zu senden und zu empfangen. Die neuere Entwicklung der drahtlosen Telegraphie, vor allen Dingen die Vermehrung der Stationenzahl, hat dazu geführt, jede größere an ihrem Ort fest liegende Station mit derartigen Einrichtungen auszurüsten oder, wie man es fachtechnisch ausdrückt, Duplex, d. h. Doppelbetrieb vorzusehen. Da es unmöglich ist, bei gleichzeitigem Sende- und Empfangsbetrieb denselben Luftleiter zu benutzen, so ist schon aus diesem Grunde das Vorhandensein zweier Antennen unbedingt notwendig.

Die Entwicklung und Ausgestaltung der be-

sonderen Empfangsantenne hat zu einer Reihe von Formen geführt, von denen die L- und V-Antennen, so genannt nach der Ähnlichkeit ihrer Gestalt mit den angeführten Buchstaben, die bekanntesten sind (Fig. 1).

Beide gehören der Wirkungsweise nach zu den sogenannten „offenen“ Antennen, und zwar zu einer ganz besonderen Art, die man mit dem Namen „gerichtete Antennen“ bezeichnet hat. Die Bezeichnung deutet an, daß die Luftleiter die Eigenschaft besitzen, aus einer gewissen Richtung — relativ zu ihrer Orientierung im Raum — besser zu empfangen als aus jeder anderen. Dadurch wird es möglich, Störungen fremder Stationen bis zu einem gewissen Grade auszuschalten oder jedenfalls stark zu schwächen, was bei offenen Antennen, wie beispielsweise einer T-Antenne, nicht möglich ist.

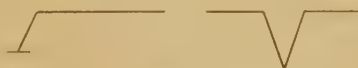


Fig. 1.

Die Braunsche Rahmenantenne.

Ein weiterer Schritt in der angedeuteten Entwicklung, die Empfangsleiter immer vollkommener den beim Empfang vorliegenden Bedingungen anzupassen, stellt die Einführung einer neuartigen Antenne dar, die zu Ehren des um die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie hochverdienten Professors *Braun* den Namen „Braunsche Rahmenantenne“ erhalten hat. Sie besteht aus einer Drahtspirale, deren Windungszahl und Größe je nach der Wellenlänge und der Entfernung der aufzunehmenden Station verschieden groß gewählt werden müssen. Ihre beiden Enden führen zu den Polen eines Kondensators und bilden mit ihm einen geschlossenen Schwingungskreis. Im Gegensatz hierzu stehen alle bisher bekannten Antennenformen, bei denen entweder ein Ende (L-Antenne) oder beide Antennen (V-Antenne) frei sind und die deshalb als offene Luftleiter bezeichnet werden.

Der Gedanke, Spulen zum Empfang drahtloser Zeichen zu benutzen, tauchte zum ersten Mal in der Literatur vor bald 20 Jahren auf. Er ist in der Folgezeit von verschiedener Seite erneut aufgegriffen und versucht worden. Alle diese Versuche, von denen hier die von *Bellini-Tosi* und *Pickard* in erster Linie erwähnt werden sollen, scheiterten daran, daß die mit geschlossenen Luftleitern erzielten *Reichweiten* so weit hinter denen der offenen zurückblieben, daß an ihre praktische Einführung nicht gedacht werden konnte. Im Jahre 1913 benutzte Prof. *Braun* in Straßburg die geschlossene Antenne zur Messung der Feldstärke des Eiffelturmes. Bei dieser Gelegenheit untersuchte er ihre Empfangswirkung in Abhängigkeit von den Spulendimensionen und kam dabei als erster zu dem Ergebnis, daß die mancherlei *Vorzüge dieser Antennenform gegenüber*

den offenen Luftleitern sie in hervorragendem Maße für Empfangszwecke geeignet erscheinen lassen. Um aber die immer noch sehr kleine Reichweite dieser Antenne so weit zu steigern, daß sie in die Größenordnung der offenen Luftleiter kam, bedurfte es noch der Lösung der Aufgabe, Apparate herzustellen, die eine hohe Verstärkung der Zeichenlautstärke ermöglichten.

„Telefunken“ gebührt das Verdienst, sie gelöst und durch die Verbindung dieses als „Hochfrequenzverstärker“ bekannten Apparates mit der Braunschen Rahmenantenne eine Empfangseinrichtung geschaffen zu haben, die in ihren Leistungen einen großen Fortschritt gegenüber allen bisher bekannten und verwendeten bedeutet. Mit einer solchen, im folgenden noch näher zu beschreibenden Anordnung konnte im Jahre 1915 erstmalig die Aufnahme drahtloser Signale von amerikanischen Stationen über eine Entfernung von mehr als 6000 km durchgeführt werden. Dieser gelungene Versuch bewies die Richtigkeit des Braunschen Gedankens und eröffnete der nach ihm benannten Antenne den Eingang in die

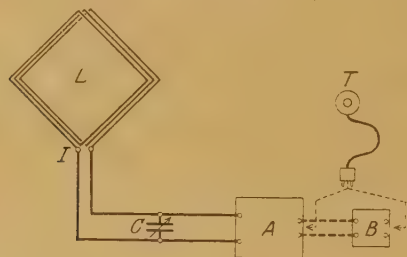


Fig. 2.

Praxis. Ihre Weiterentwicklung und die bisher erzielten Ergebnisse werden weiter unten eine eingehende Darstellung erfahren.

Die *Empfangsanordnung* (Fig. 2) besteht, wie aus der Figur hervorgeht, ihrer Hauptsache nach aus drei Teilen: Der Rahmenantenne *L*, dem Abstimmapparat *C* und dem Hochfrequenzverstärker *A*.

Der Rahmen (Fig. 3) ist eine je nach der zu empfangenden Welle aus einer mehr oder weniger großen Anzahl Windungen bestehende und, soweit es die mechanischen Abmessungen zulassen, tragbare Spule, an deren Enden die von der Sendestation ausgesandten Wellen eine ihrer Intensität entsprechende Spannung hervorrufen, die außerdem noch abhängig ist von den Abmessungen der Spule und ihrer Stellung im Raum. Angenommen, die Fläche des Rahmens sei auf die Sendestation zugerichtet, so schneiden die magnetischen Kraftlinien, die hier allein zur Wirkung kommen, die Spule senkrecht. Je größer die Fläche, um so mehr Kraftlinien werden durch sie hindurchgehen und um so stärker wird die der Spule mitgeteilte Spannung sein. Eine erhöhte Wirkung wird ferner eintreten, wenn die Kraftlinienzahl vermehrt wird, die ihrerseits abhängig ist von der Energie der sendenden Station.

Dreht man den Rahmen um 90° , d. h. steht ihre Fläche jetzt senkrecht zu der Verbindungslinie zwischen Sender- und Empfangsort, so laufen die magnetischen Kraftlinien parallel zur Spule, schneiden sie also nicht, was zur Folge hat, daß eine Spannung an den Spulenden nicht induziert werden kann. In den Zwischenstellungen wird die Spule in einem mehr oder weniger spitzen Winkel geschnitten, und die entstehende Spannung wird Beträge annehmen, die um so kleiner werden, je mehr sich die Rahmenebene der zweiten Stellung nähert. Es wird also die Empfangswirkung einer Rahmenantenne abhängig sein von ihrer Stellung zur Sendestation, und zwar wird sie am besten empfangen, wenn ihre Fläche auf den Sender zugerichtet ist, und gar nicht, wenn sie senkrecht zu ihm steht. Diese Eigenschaft

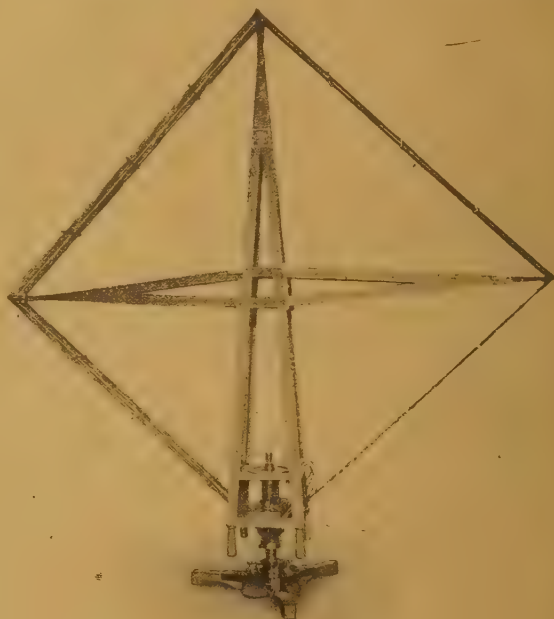


Fig. 3.

der Braunschen Rahmenantenne, aus einer von ihrer Stellung abhängigen Richtung besonders gut, aus allen anderen aber schwächer zu empfangen, macht sie geeignet zur *Bestimmung der Richtung, aus der die Wellen kommen*, d. h. der Lage der Sendestation, worauf weiter unten näher eingegangen werden soll.

Der Kondensator *C*, dessen Pole mit den Spulenden verbunden sind, dient dazu, den in der Figur mit *I* bezeichneten Schwingungskreis auf die Wellenlänge der zu empfangenden Station abzustimmen und ihm dadurch die größtmögliche Energie zuzuführen. Ihre Größe ist, verglichen mit der in der Sendestation vorhandenen, unendlich klein, und sie muß deshalb, um im Telephon *T* des Empfängers hörbar zur Wirkung zu kommen, verstärkt werden. Diesem Zweck dient der wich-

tigste Teil der Anordnung, der mit 4 bezeichnete Hochfrequenzverstärker.

Er besteht, wie aus der Figur 4 hervorgeht, aus einer Reihe von Hochvakuumverstärkerröhren, die hintereinander geschaltet sind. Die in dem Schwingungskreise vom Sender erzeugte verschwindend kleine Empfangsenergie wird der ersten Röhre zugeführt, in dieser um ein Vielfaches verstärkt und gelangt dann zur nächstfolgenden, wo eine weitere Steigerung erfolgt, und so weiter bis zur letzten. Die Aufgabe dieser Röhre, die man als Audion bezeichnet und die die Stelle der früher verwendeten Kontaktdetektoren eingenommen hat, besteht nun darin, die in den vorhergehenden Röhren um mehr als das Zehntausendfache verstärkten schnellen elektrischen Schwingungen in langsam pulsierenden Gleichstrom umzuformen, der dann die Membran des Empfangstelephons *T* in hörbare Schwingungen zu versetzen imstande ist. Die Verstärkungszahl des Hochfrequenzverstärkers wächst mit der Zahl der Röhren und hängt außerdem ab von ihren Eigenschaften. Eine noch weitergehende Steigerung der Empfangslautstärke, wie sie für man-



Fig. 4.

cherlei Zwecke unbedingt erforderlich ist, läßt sich dadurch erreichen, daß man die pulsierende Gleichstromenergie nicht unmittelbar dem Telephon zuführt, sondern sie zuvor noch einen Niederfrequenzverstärker passieren läßt.

Der Hochfrequenzverstärker ist in der letzten Zeit von „Telefunken“ nach zwei Richtungen weiter entwickelt worden, die einmal eine wesentliche Steigerung des Verstärkungsgrades, als auch andererseits eine Erhöhung der Betriebssicherheit und eine Vereinfachung in der Bedienung zur Folge gehabt haben. Diese Verbesserungen haben es ermöglicht, die Abmessungen der Rahmenantenne derartig zu gestalten, daß sie für den Empfang aus Entfernungen von Tausenden von Kilometern bequem auf dem Tisch eines Zimmers Platz finden kann. Im März 1918 gelang es, mit einer derart verbesserten Empfangsanlage unter Verwendung eines Rahmens von nur $\frac{1}{2}$ qm Fläche die amerikanischen Stationen im Zimmer aufzunehmen.

Um von anderen Sendestationen möglichst wenig gestört zu werden, empfiehlt es sich, den aus Rahmen und Kondensator bestehenden

Schwingungskreis nicht unmittelbar auf den Hochfrequenzverstärker wirken zu lassen, sondern die im Rahmenkreise fließende Energie zuvor noch in einem zweiten, als Filter wirkenden Kreise, dem Sekundärkreis, von den Beimischungen fremder Wellen zu reinigen.

Transportable Empfangseinrichtung mit Braunscher Rahmenantenne.

Durch besonders klein gehaltene Abmessungen der einzelnen Teile der Empfangsapparatur, der aber ohne nachteilige Wirkung auf die Leistung der Anordnung geblieben ist, ist es „Telefunken“ gelungen, einen zerlegbaren, leicht transportablen

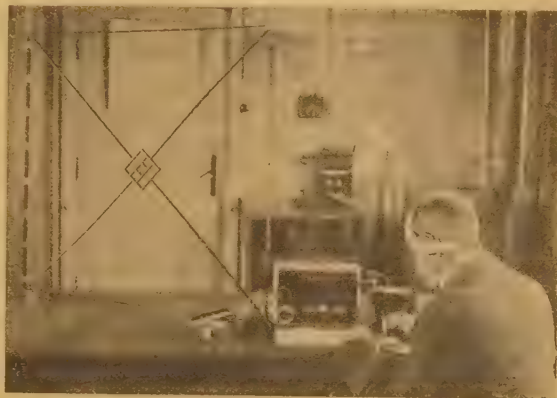


Fig. 5.



Fig. 6.

und überall in kürzester Zeit betriebsbereiten Empfänger herzustellen, der in vielen Fällen wertvolle Dienste leistet. Die Figuren 5 und 6 zeigen eine derartige Einrichtung betriebsfertig aufgestellt im Zimmer und im Boot.

Die Abstimmapparatur der Hochfrequenzverstärker und die zur Heizung der Röhren erforderlichen Akkumulatorenbatterien sind in einem Kästchen untergebracht, das bequem in einer Aktentasche Platz finden kann. Diese Liliputanlage reicht aus, um überall aus mehreren

1000 km Entfernung, beispielsweise die amerikanischen Stationen, aufnehmen zu können, eine Leistung, die in Anbetracht der Größe und des Gewichts als sehr erstaunlich bezeichnet werden muß.

Reichweite von Rahmenantennen.

Über die bisher mit Rahmenantennen erzielten Reichweiten gibt die folgende Zusammenstellung näheren Aufschluß. Es wurden unter Benutzung von Rahmen, die nur etwa 1 qm Fläche umfaßten und innerhalb eines Zimmers zu einer Empfangszentrale vereinigt aufgestellt waren, im praktischen, über mehr als 6 Monate sich erstreckenden Empfangsbetrieb neben vielen anderen die folgenden Stationen einwandfrei aufgenommen:

Lyon	1100 km
Cliffden	1200 „
St. Petersburg.	1300 „
Moskau	1600 „
Malta	1600 „
Konstantinopel	1800 „
Tiflis	3000 „
Amerika	6000 „

Für die Aufnahme der Zeichen von Lyon genügte bereits ein Rahmen von nur etwa 10 cm Seitenlänge. Für weiter entfernt liegende Stationen und Schnellbetrieb, der eine erheblich größere Empfangsenergie zur Voraussetzung hat, kommen Rahmenantennen von größeren Dimensionen in Frage, die bis zu Seitenlängen von nahezu 100 m bereits ausgeführt und im Betrieb sind. Mit Rahmen von mittlerer Größe (40 × 40 m) konnten beispielsweise bereits Telegramme von Honolulu und den Philippinen, d. h. über Entfernungen von mehr als 10 000 km, einwandfrei empfangen werden. Aus den angeführten Reichweiten der Rahmenantenne ergibt sich, daß sie den Vergleich mit den Leistungen der offenen nicht zu scheuen braucht, ja sogar ihnen in mehrfacher Hinsicht beträchtlich überlegen ist, wie im folgenden nachgewiesen werden soll.

Vergleich zwischen Rahmen- und offener Antenne.

Die Eigenschaft der Rahmenantenne, aus einer Richtung bevorzugend zu empfangen, gibt ihr einen nicht hoch genug anzuschlagenden Vorrang vor der offenen, nicht gerichteten Antenne: den der größeren *Störungsfreiheit!* Während beim Rahmen alle senkrecht zu ihrer Fläche gelegenen Sendestationen gar nicht, alle aus dieser benachbarten Richtung sehr stark geschwächt in die Erscheinung treten, also weniger zu Störungen Anlaß geben, wirken auf die ungerichtete offene Antenne alle diese im Rahmen unhörbaren Stationen in unverminderter Stärke. Dieses aus der Wirkungsweise der Rahmenantenne sofort ableitbare Verhalten ist durch praktische Empfangsvergleichsversuche in vollem Maße bestätigt worden. Diese Überlegenheit des Rahmens gegenüber Empfangsstörungen wird um so mehr zur Geltung

kommen, je größer die Anzahl der Sendestationen wird. Es wird also sein Anwendungsgebiet bei der Weiterentwicklung der drahtlosen Telegraphie, die jenen Weg bereits beschritten hat und in Zukunft ihn im beschleunigten Tempo fortzusetzen scheint, mehr und mehr an Umfang gewinnen.

Außer den soeben angeführten Störungen ist, wie eingangs erwähnt, die drahtlose Telegraphie noch anderen unterworfen, die ihren Ursprung haben in der elektrischen Beschaffenheit der Atmosphäre und den sich dort abspielenden Veränderungen. Diese als „*atmosphärische Störungen*“ bezeichneten Einflüsse treten am Empfangstelephon als scharfkackende oder brodelnde Geräusche in die Erscheinung. Sie können in unseren Breiten gelegentlich im Sommer, besonders aber in tropischen Gegenden so stark und zahlreich auftreten, daß sie die Zeichen vollkommen übertönen und verdecken, und es dem Hörer unmöglich machen, Telegramme aufzunehmen.

Ein Vergleich der offenen Antennenform mit der Braunschen Rahmenantenne hinsichtlich derartiger Störungen führt zu dem durch monatelangen Betrieb erhärteten Schluß, daß der Rahmen sich ihnen gegenüber bedeutend günstiger verhält als die bisherigen Antennen. Der Grund zu diesem Verhalten liegt einmal darin, daß die aus der senkrecht zur Spulenfläche liegenden Richtungen und Nachbargebieten kommenden Luftstörungen gar nicht oder aber nur sehr stark geschwächt in die Erscheinung treten können, und ferner auch darin, daß die Kapazität der Rahmenantenne sehr klein ist im Vergleich zu der eines offenen Luftleiters. Antennen mit kleiner Kapazität sind aber, wie der Praxis lange bekannt ist, atmosphärischen Störungen weniger stark ausgesetzt wie Luftleiter großer Kapazität.

Für die *Abstimmungsschärfe* einer Empfangsstation, d. h. die Störungsfreiheit gegenüber Wellen, die der Empfangswelle benachbart sind, ist maßgebend die Dämpfung des Luftleiters. Je kleiner sie gemacht werden kann, um so größer wird die Störungsfreiheit sein. Bei den offenen Luftleitern, die entweder direkt oder indirekt mit der Erde in Verbindung stehen, liegt eine Hauptquelle für die schädliche Dämpfung in der Größe des Erdwiderstandes. Ihn vollkommen oder auch nur annähernd auszuschalten ist unmöglich, was zur Folge hat, daß es nicht möglich sein kann, die Dämpfung der offenen Antenne beliebig klein zu machen. Bei der Rahmenantenne, die dem Einfluß der Erde fast vollständig entzogen ist, fällt diese Dämpfungsursache fort, so daß also die Verkleinerung der Dämpfung hier in weit größerem Maße möglich ist.

Erreicht wird die Ausschaltung des Erdeinflusses bei der geschlossenen Antenne dadurch, daß man sie in einer Entfernung von einigen Metern vom Erdboden anordnet, und zwar derart, daß sie die Form eines auf die Spitze gestellten Quadrates annimmt (s. Figur). So angeordnete Rahmenantennen haben geringere

Dämpfung und damit größere Störungsfreiheit als offene Luftleiter, ein Vorteil, der um so mehr ins Gewicht fallen wird, je größer die Zahl der Stationen und damit die Störungsmöglichkeit wird.

Vergleicht man die *Kosten* vom Rahmen mit offenen Antennenanlagen, so fällt auch hier der Vergleich zugunsten der Rahmen aus. So erfordert sie nur einen einzigen Mast von geringer Höhe, während bei offenen Antennen eine Reihe von Masten notwendig wird. Damit zusammen hängt auch, was ohne weiteres einzusehen ist, der größere Geländebedarf bei den bisherigen Antennenformen.

Vom *betriebsstechnischen* Standpunkt aus ist es erwünscht, eine Empfangsanlage, die mit einer großen Anzahl Sendestationen zu arbeiten hat, so gedrängt wie irgend möglich anzuordnen. Nur in einer Zentralanlage ist die notwendige Verbindung zwischen den einzelnen Teilen der Anordnung gewährleistet und die Kontrolle jeder einzelnen möglich. Auch von diesen Gesichtspunkten aus erfüllt die Rahmenantenne alle für einen derartigen Betrieb notwendigen Bedingungen, da die störenden Einwirkungen der einzelnen Teilanlagen aufeinander, die ihren Hauptsitz in dem

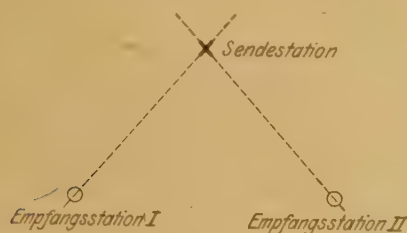


Fig. 7.

Zusammendrängen vieler Antennen auf einen kleinen Raum haben, bei Rahmenantennen sehr viel geringer sind wie bei offenen Luftleitern. Bei ihnen stößt eine derartige Anlage deshalb auf schwer oder gar nicht zu überwindende Schwierigkeiten.

Die Rahmenantenne für Peilzwecke.

Die Möglichkeit, von der Empfangsstelle aus den Ort der sendenden Station feststellen zu können, ist für viele Zwecke von außerordentlicher Bedeutung. Für ihre Ausführungen kommen selbstverständlich nur Antennenformen in Frage, die bevorzugte Empfangsvorrichtung besitzen. Diese Eigenschaft besitzt in besonders ausgeprägtem Maße, wie schon anfangs erwähnt, die Braunsche Rahmenantenne, und es ist daher ohne weiteres klar, daß sie in erster Linie für diesen Zweck in Frage kommt. Die Ortsbestimmung der Sendestation unter Benutzung zweier Rahmenantennenanlagen geht nun folgendermaßen vor sich:

Die beiden ihrer geographischen Lage nach bekannten Empfangsstationen bestimmen jede von sich aus die Richtung auf die zu ermittelnde Station durch Drehen des Rahmens in die Minimumstellung, in der der Sender nicht mehr gehört

wird. Die zur Rahmenfläche in dieser Stellung senkrechte Richtung ergibt die Verbindungslinie zwischen Sender und Empfangsstation. Trägt man die auf beiden Stationen ermittelten Richtungen auf der Karte ein, so fällt ihr Schnittpunkt mit dem Ort der Sendestation zusammen (Fig. 7).

Es ist hier auf die eben beschriebene Weise mittels zweier Rahmenantennen der Ort der Sendestation bestimmt worden. Man kann aber auch umgekehrt vorgehen und unter Benutzung von zwei ihrem Ort nach bekannten Sendestationen mit einer einzigen Rahmenantenne den *eigenen*, der geographischen Lage nach unbekannten Empfangsort auf der Karte zu ermitteln. Zu diesem Zweck bestimmt man zunächst die Richtung der Verbindungslinie zwischen seiner Empfangs- und der einen Sendestation und dann in gleicher Weise die Verbindungslinie zur anderen. Der Schnittpunkt beider auf der Karte ist dann der Empfangsort. Die Ortsbestimmung des Empfängers ist von großer Bedeutung für die Schifffahrt, wo es darauf ankommt, beispielsweise bei Nebel, der die Sichtbarkeit der Leuchtfeuer sehr stark beschränkt, den Schiffsort und seine Entfernung von der Küste festzustellen. Mit der so eben besprochenen Anordnung ist die Feststellung des Schiffsortes auf drahtlosem Wege schnell und mit genügend großer Genauigkeit, unbehindert von Nebel und anderen atmosphärischen Einflüssen, durchzuführen.

Die hervorragende Empfangseigenschaft der Braunschen Rahmenantenne hat dieser Antennenform schon in ihrer verhältnismäßig kurzen Entwicklungszeit ein großes Anwendungsgebiet erschlossen, das in der Zukunft und bei ihrer weiteren Ausgestaltung noch ganz erheblich an Ausdehnung gewinnen dürfte.

Einführung in die Grundlagen des Nernstschen Wärmetheorems.

Von Dr. J. Eggert,

Assistent am Physikal.-Chem. Institut der Universität Berlin.
(Schluß.)

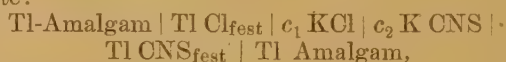
Trotz aller Überzeugungskraft der geschilderten Ableitungen befriedigt die van't Hoff'sche Definition der Affinität und ihre Berechnung aus Gleichgewichtsmessungen (K) vielleicht noch immer nicht ganz, da sie nicht anschaulich genug ist. Da kommt uns aber ein ganz anderer Zusammenhang zu Hilfe, ein Zusammenhang, der die Affinität durch eine viel bequemere Messung erschließt und dabei an Anschaulichkeit nichts mehr zu wünschen läßt.

Die Auffassung der Affinität als *Arbeitsgröße* ermöglicht es, sie nicht nur mit mechanischen und mit thermischen, sondern auch mit elektrischen Größen zu vergleichen. Das wollen wir nun tun und wir wenden uns zu diesem Zweck solchen chemischen Vorgängen zu, die wir z. B. in galvanischen Elementen nutzbar zu machen gelernt haben. Wir denken etwa an die Auflösung von Zink in Kupfersulfatlösung, bei der sich Kupfer

abscheidet und Zinksulfat entsteht — den chemischen Vorgang, der dem Daniellelement zugrunde liegt. Man kann die Wärmetönung dieses Vorganges in einem Kalorimeter messen. Man kann aber diesen selben Vorgang — z. B. bei der Versuchsanordnung, wie wir sie im Daniellelement treffen — auch so leiten, daß er Energie in der Form von Elektrizität liefert; man kann dann diese elektrisch messen. In welcher Beziehung stehen die in beiden Fällen angegebenen Energiemengen, die kalorimetrisch gemessene und die elektrisch gemessene, zueinander? Die uns bekannten thermodynamischen Hauptsätze lassen darüber keinen Zweifel: Im ersten Falle messen wir U , die Änderung der Gesamtenergie des Systems, im zweiten Falle messen wir A , die maximale Arbeit des Systems, d. h. denjenigen Teil der Gesamtenergie U , den man im günstigsten Falle nutzbar machen kann (der Rest $U - A$ ist nicht verwandelbar und bleibt Wärme).

Oder anders betrachtet: Lassen wir den chemischen Vorgang, ohne ihn zur Erzeugung elektrischer Energie zu verwenden, einfach im Kalorimeter ablaufen, so messen wir hier die Wärmetönung U .¹⁾ Bringen wir dagegen ein Daniellelement in das Kalorimeter, dessen elektrische Energie wir messen, indem wir die gesamte Stromwärme in einem zweiten Kalorimeter bestimmen, so gibt dieses zweite Kalorimeter die Größe A , das erste Kalorimeter die unverwandelbare Wärme $U - A$ an. Würden wir endlich die Wärmeentwicklung des arbeitenden Daniellelements und die Stromwärme gleichzeitig in einem und demselben Kalorimeter bestimmen, so bekämen wir, wie im ersten Falle, die Größe U .

Wir erläutern die Verhältnisse noch an einem ausführlichen Beispiel¹⁾. Wir betrachten die Kette:



der die Reaktion:



zugrunde liegt. Der stromliefernde Vorgang besteht hier in der Ausfällung von Thallorhodanid oder von Thallochlorid durch die entsprechenden Ionen, je nachdem, der Temperatur und den angewandten Konzentrationen c_1 und c_2 entsprechend, die Reaktion in der Gleichung von links nach rechts oder entgegengesetzt verläuft. Um die Theorie prüfen zu können, muß man kennen:

1. die Gleichgewichtskonzentrationen und damit die Größe $K = \frac{[\text{Cl}']}{[\text{CNS}']}$ (man findet K durch

¹⁾ Untersucht von Knüpfner auf einen Vorschlag von Bredig (1898). Der chemische Prozeß dieses Elements zeigt in vorbildlich anschaulicher Weise gleichzeitig die Bestätigung der van't Hoff'schen Gleichung und der Helmholtz'schen Gleichung. Überdies ist es ein Vorgang, der sich bei bestimmter Temperatur, und zwar innerhalb bequem erreichbarer Temperaturgrenzen sowohl exotherm als auch endotherm abspielen kann.

Analyse der Lösung, in der sich die reagierenden Bestandteile bei den herrschenden Temperaturen im Gleichgewicht befinden);

2. die tatsächlichen, d. h. gegebenen Anfangs- und Endkonzentrationen: $c_1 = \{\text{Cl}'\}$ und $c_2 = \{\text{CNS}'\}$,

die an den Amalgamelektroden für verschiedene Temperaturen herrschen und den Strom in Gang setzen. Sie sind von uns willkürlich gewählt.

Aus diesen Größen läßt sich A nach van't Hoff berechnen. Die Formel:

$$A = RT \ln \left(\frac{a \cdot b}{c \cdot d} - \ln K \right)$$

geht für diesen Fall über in:

$$A = RT \cdot \left(\ln \frac{\{\text{Cl}'\}}{\{\text{CNS}'\}} - \ln K \right)^1).$$

Um diese sich in cal ergebende Größe in Volt umzurechnen, müssen wir sie durch 23 046 dividieren; die so berechneten Spannungen des Elementes können wir mit den in Millivolt gemessenen direkt vergleichen.

Die Tabelle 5 stellt Rechnung und Erfahrung einander gegenüber und zeigt deutlich, wie ausgezeichnet sie übereinstimmen:

Tabelle 5.

$t \text{ } ^\circ \text{C}$	$K = \frac{[\text{Cl}']}{[\text{CNS}]}$	$x = \frac{\{\text{Cl}'\}}{\{\text{CNS}'\}}$	ϵ (Millivolt)	
			berechnet nach van't Hoff $\frac{RT}{23046} (\ln x - \ln K)$	beobachtet elektromotorisch
0,8	1,74	1,55	+ 2,7	+ 3,7
7,6	1,50	1,50	0	0
20,0	1,24	1,52	— 5,2	— 4,8
39,9	0,85	1,50	— 15,3	— 14,1

Nahe dem Eisschmelzpunkt arbeitet die Kette zunächst so, daß der Vorgang in der Gleichung von links nach rechts verläuft (positive EMK.). Bei $7,6^\circ \text{C}$ ist das Gleichgewichtsverhältnis gleich dem der gegebenen Konzentrationen geworden. Die Kette hat daher bei $7,6^\circ \text{C}$ keine EMK. und kehrt die Stromrichtung schließlich um, sobald K hinter x zurückbleibt (negative EMK.). Die Tabelle zeigt, daß die EMK. des Elementes nach der van't Hoff'schen Affinitätsformel berechenbar ist, d. h. maximale Arbeit, Affinität und EMK. sind äquivalente Größen. Es bleibt noch zu beweisen, daß die Affinität und ihr Verhältnis zu U auch der Helmholtz'schen Gleichung gehorcht.

Zu diesem Beweise brauchen wir erstens A , zweitens U , drittens $\frac{dA}{dT}$. A ist elektromotorisch gemessen, U kalorimetrisch (3180 cal). Es muß, um einen Vergleich zu ermöglichen, auf Volt umgerechnet werden und beträgt $3180 \text{ Volt} = 0,138 \text{ V} = 138 \text{ Milliv.}$ An $\frac{dA}{dT}$

¹⁾ Die Anwendung der van't Hoff'schen Gleichung auf die elektrische Deutung der Vorgänge in verdünnten Lösungen geschah zuerst durch Nernst (1889) mit seiner osmotischen Theorie der galvanischen Stromerzeugung.

wollen wir erkennen, ob die Theorie stimmt. Wir können diese Größe erstens nach der Helmholtzschen Formel aus den uns bekannten Daten berechnen:

$$\frac{dA}{dT} = \frac{d\varepsilon}{dT} - \frac{\varepsilon - U}{T}$$

und zweitens sie messen, indem wir untersuchen, wie sich die EMK. mit der Temperatur ändert, d. h. indem wir ihren Temperaturkoeffizienten experimentell ermitteln.

Tabelle 6.

t °C	T absolut	$A(\varepsilon)$ beobachtet elektromotorisch	U beobachtet mit Kalorim., umgerechnet auf Millivolt	$\frac{d\varepsilon}{dT}$ berechnet aus $\frac{A-U}{T}$	beobacht. Temper.-Koeffiz.
0.8	273.8	+ 3.7	+ 138	- 0.48	- 0.47
7.6	280.6	0	0	0	
20.0	293.0	- 4.8	- 138	- 0.48	- 0.45
39.9	312.9	- 14.1	- 138	- 0.49	

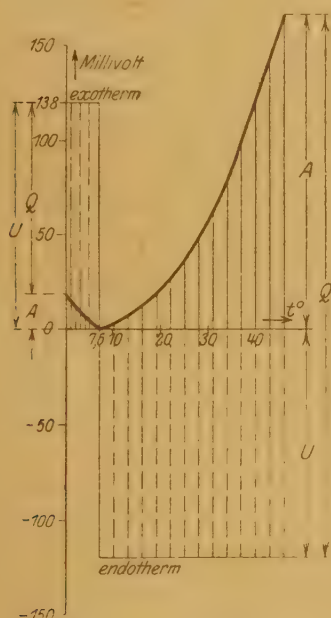


Fig. 3. Energiebilanz für das Knüpfersche Element. Die Ordinaten der (bei 7,6° geknickten) Kurve bedeuten die A -Werte, die gestrichelten Senkrechten die (in dem betrachteten Gebiet konstante) Wärmetönung U der Reaktion (beide in Millivolt). Der Vorgang verläuft unterhalb 7,6° exotherm, oberhalb endotherm. Die algebraische Differenz beider Werte gibt die Größe $Q = A - U$ der Helmholtzschen Gleichung.

Wir sehen auch hier Experiment und Theorie im Einklang und wollen schließlich die Energiebilanz aufstellen, auf deren einer Seite Q und auf deren anderer Seite $A - U$ steht. Fig. 3 gibt die Bilanz bei jeder Temperatur des Elements zwischen 0° und 50° C.

Man erkennt in dem „exothermen“ Reaktionsabschnitt, wie nur ein bestimmter Anteil A der Reaktionswärme U zur Leistung äußerer Arbeit herangezogen wird, während der Rest Q unverwandelbar als Wärme an die Umgebung abgegeben

wird. Würde man ein solches galvanisches Element innerhalb des Kalorimeters kurzschließen, so würde dabei A in (Joulesche) Wärme umgesetzt und in Summa wieder U als Wärmetönung gemessen werden.

Etwas anders liegen die Verhältnisse im endothermen Gebiet. Hier wird, entsprechend dem entgegengesetzten Vorzeichen von U (A bleibt natürlich trotz der umgekehrten Stromrichtung positiv), der Umgebung Wärme entzogen und zwar:

1. Die Wärmemenge U , die allein zum Ablauf der Reaktion verbraucht wird;
2. außerdem die Wärmemenge A , die der geleisteten äußeren Arbeit äquivalent ist.

Während im vorigen Falle $Q < U$ war, hat hier, da U negativ ist, Q den Wert $-(U + A)$, ist also, absolut genommen, größer als U ; wir bekommen daher bei Stromentnahme im Kalorimeter eine Abkühlung, die größer ist, als wenn die Reaktion ohne Leistung äußerer Arbeit verlief. (Vorher war die Erwärmung Q bei Stromentnahme kleiner als ohne Stromentnahme.) Schließt man das Element, wie vorhin, innerhalb des Kalorimeters kurz, so erscheint, indem der Abkühlungsüberschuß A gerade durch Joulesche Wärme $+A$ kompensiert wird, wieder nur die Größe U . Als „gebundene Energie“ können wir aber in diesem Falle nicht Q ansprechen, sondern die Rolle der nicht in Arbeit überführbaren Wärmemenge spielt im endothermen Gebiet die Größe U . Die Analogie ist dadurch nicht gestört. Denn in beiden Fällen wird eine gewisse Wärmemenge zur Leistung äußerer Arbeit zur Verfügung gestellt, beidemale wird ein Teil dieser Wärmemenge in A umgewandelt und bei beiden Vorgängen bleibt ein Rest Wärme unverändert. Nur handelt es sich im ersten Falle um die Wärmemenge U , die aus der exothermen Reaktion stammt, im anderen um die Wärmemenge Q , die das Kalorimeter (die Umgebung) liefert und von der ein für A unantastbarer Anteil U von der endothermen Reaktion verschluckt wird.

Fassen wir noch einmal kurz zusammen. Es ergeben sich für die Messung der Affinität bisher zwei Wege: Entweder man legt die Beobachtung von chemischen Gleichgewichtszuständen zugrunde oder man gewinnt die Größe direkt aus der Spannung einer galvanischen Kette.

Einen dritten Weg zeigt das Nernstsche Wärmetheorem. Prinzipiell führt er dazu, die Größe A aus U mit Hilfe der Helmholtzschen Gleichung zu berechnen. Mit anderen Worten: es handelt sich um die Lösung der Aufgabe, die Unbekannte A in der Differentialgleichung

$$A - U = T \cdot \frac{dA}{dT}$$

zu bestimmen. Hierzu ist natürlich zu allererst erforderlich, daß U als Temperaturfunktion für alle T bekannt ist. Diese Kenntnis allein aber — wir sahen im Abschnitt 2, wie man dazu gelangen kann — reicht für die Lösung der Auf-

gabe nicht zu. Denn selbst gesetzt, die U -Kurve liege bis zu dem Punkte $T=0$ vor (wie etwa in Fig. 2 S. 885), so ist mathematisch nicht bloß eine A -Kurve möglich, die zusammen mit U der Helmholtzschen Gleichung Genüge leistet, sondern es existiert eine ganze Schar von möglichen A -Kurven (Fig. 4). A ist vieldeutig, weil es als Unbekannte in einer Differentialgleichung auftritt. Jede der in Fig. 4 konstruierten A -Kurven ist also mit der gegebenen U -Kurve im Sinne der Helmholtzschen Gleichung mathematisch verträglich.

Aus dieser Mannigfaltigkeit greift der Nernst'sche Wärmesatz diejenige Kurve heraus, welche unter den mathematisch möglichen allein physikalischen Sinn besitzt, d. h. mit der Erfahrung in Einklang steht. Leitgedanke für die Auswahl ist die Tatsache, daß das Berthelotsche Prinzip einen nicht unerheblichen Gültigkeitsbereich besitzt, d. h. daß für viele Reaktionen bereits bei nicht zu hohen Temperaturen U und A praktisch übereinstimmen. Deswegen sondert Nernst von allen mit U verträglichen A -Kurven die-

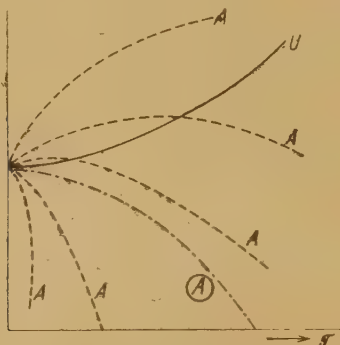


Fig. 4. Schar der möglichen A -Kurven, die zusammen mit einer gegebenen U -Kurve der Helmholtzschen Gleichung genügen. Die strichpunktierte Kurve (A) genügt der Nernstschen Limesbedingung.

jenige als die wahre ab, die der U -Kurve gewissermaßen am benachbartesten verläuft, d. h. exakt gesprochen, die sie im Nullpunkt der absoluten Temperatur asymptotisch berührt. In Fig. 4 strichpunktiert (A). Entsprechend lautet die *Helmholtzsche Formel* nunmehr hinreichend ergänzende Zusatzbedingung in mathematisch strenger Fassung:

$$\lim \frac{dA}{dT} = \lim \frac{dU}{dT} = 0 \quad (\text{für } T=0).$$

Dadurch wird es möglich, A eindeutig in Form einer Potenzreihe zu entwickeln, sofern nur U ebenfalls in einer Potenzreihe vorliegt. Ein zu dem Zweck konstruierter Integrator¹⁾ kann mechanisch zu einer gegebenen U -Kurve die A -Kurve zeichnen. Der Apparat enthält einen Zeiger und einen Schreibstift. Während man den Zeiger auf der U -Kurve entlang führt, zeichnet

der auf die Schreibfläche gedruckte Stift automatisch die A -Kurve (Fig. 5). Dabei wird dauernd die Kurvenrichtung gemäß:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dA}{dT} = \frac{A-U}{T}$$

(α = Neigungswinkel der A -Tangente gegen die T -Achse) innegehalten und gleichzeitig die durch die genannte Limesbeziehung gegebene Anfangs-

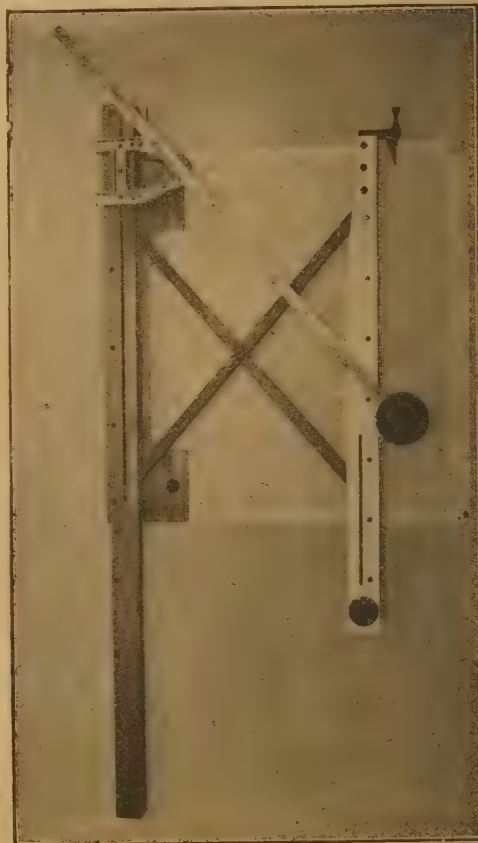


Fig. 5. Integrator zur Konstruktion der A -Kurve bei gegebener U -Kurve nach der Helmholtzschen Differentialgleichung und der Nernstschen Limesbedingung.

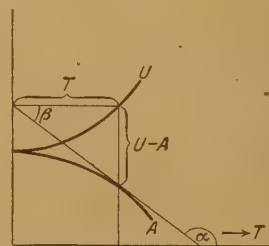


Fig. 6. Geometrische Beziehung zwischen den Größen A , U , T und der Neigung der A -Tangente:

$$-\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta = \frac{U-A}{T}$$

richtung von A (parallel der T -Achse) berücksichtigt. Aus der Fig. 6 ist die geometrische Beziehung zwischen den Größen A , U und T leicht zu ersehen, zumal wenn man berücksichtigt, daß für den Winkel $\beta = 180^\circ - \alpha$ gilt:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{U-A}{T}$$

¹⁾ Gleichzeitig von Gans und Pereyra Miguez. Physik. Zeitschr. 16, 247, 1915, sowie von Dräger, ibid. 16, 295, 1915 u. Dissert. 1914.

In der Fig. 7 ist auf diesem Wege die zu der oben gezeichneten U -Kurve für die Schwefelumwandlung gehörige A -Kurve aufgenommen. Sie verläuft zunächst wenig abweichend von U , biegt dann mit steigender Temperatur stärker ab und erreicht schließlich, indem sie den Wert Null annimmt, die T -Achse:

Das Verschwinden von A hat chemisch den Sinn, daß ein Gleichgewicht vorliegt. (Verschwand doch auch in der Knüpferschen Kette die EMK. in dem Augenblick, als auf beiden Seiten des galvanischen Elementes die Gleichgewichtskonzentrationen herrschten.) Es ist also zu folgern, daß bei der durch $A = 0$ charakterisierten Temperatur die beiden Schwefelmodifikationen im Gleichgewicht sind, d. h., daß hier der Umwandlungspunkt liegt. Er berechnet sich nach den Daten für U mit Hilfe der Limesbeziehung zu $369,5^\circ$ abs. Temperatur. Die direkte Messung ergibt $368,5^\circ$; die Übereinstimmung zeigt die Leistungsfähigkeit des dritten Hauptsatzes.

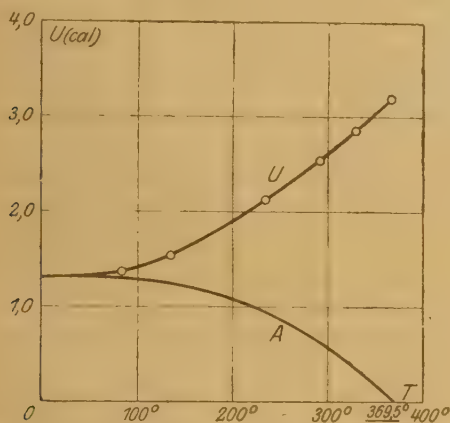
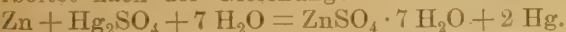


Fig. 7. U - und A -Kurve für die Reaktion:
 $S_{\text{monoklin}} = S_{\text{rhombisch}}$.

Ein zweites Beispiel! Das Clarkelement arbeitet nach der Gleichung:



Es zeigt sich, daß für tiefe Temperaturen die Größe U nur wenig mit der Temperatur ansteigt. (Vergl. ihren Verlauf in Fig. 8 bis 234° .) Dann sinkt ihr Wert plötzlich um 2×555 cal, da die Schmelzwärme des Quecksilbers, das bei dieser Temperatur flüssig wird, U um diesen Betrag verringert. Bei der kryohydratischen Temperatur (-7°C , 266° abs.), bis zu der U abermals konstant bleibt, ändert es sich in entgegengesetzter Richtung, da die Schmelzwärme des Eises, das auf der anderen Seite der Gleichung steht, hinzukommt. Auch von da ab ändert sich U nur wenig mit der Temperatur. Das Verhalten von A (ϵ) ist damit festgelegt. Solange U sich von seinem Nullpunktswert nur wenig entfernt, bleibt auch die elektromotorische Kraft des Elementes konstant. Erst in dem Augenblick, wo U um etwa 10 000 cal (Schmelzwärme des reagierenden Eises von $7 \text{H}_2\text{O}$) in die Höhe schnellte, fällt sie rasch ab, wie ja in der Tat sich das Clarkelement auch

durch einen erheblichen negativen Temperaturkoeffizienten auszeichnet. Für die Temperatur $T = 266^\circ$ liefert die eingehende Berechnung eine EMK. von 1,456 Volt, die mit dem beobachteten Wert identisch ist.

Mit Hilfe der Nernstschen Methode zur Aufindung von A ist es gelungen, eine unabsehbare Reihe von Reaktionen zu untersuchen, sei es, daß es sich um galvanische Ketten handelte, denen A direkt zum Vergleich mit der errechneten Größe zu entnehmen ist, oder um Gleichgewichte der verschiedensten Art, für die A nach der van't Hoff'schen Definition zur Gegenüberstellung mit dem ebenfalls nach dem geschilderten Verfahren ermittelten Wert gewonnen wurde. Umgekehrt ist man natürlich auch imstande, unter Zugrundelegung des dritten Hauptsatzes, aus elektrischen A -Messungen schwer zugängliche Wärmetönungen zu bestimmen. Prinzipiell aber laufen die Dinge stets auf die an ungeren Beispielen erläuterten Gedankengänge hinaus.

Im Gegensatz zu dem Geltungsbereich der beiden Hauptsätze der Thermodynamik wurde es durch Einführung der Limesbedingung möglich.

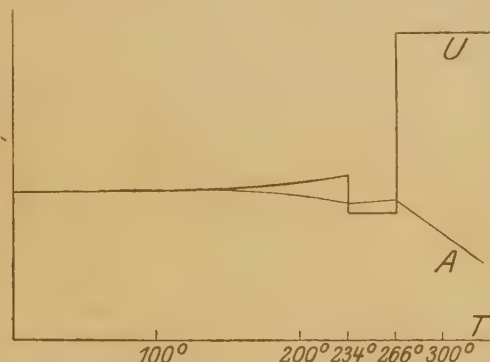


Fig. 8. Verlauf der A - und der U -Kurve für das Clarkelement.

die Absolutwerte der Größen A und U anzugeben, während ehemals exakt nur von Differenzen die Rede sein konnte. Andererseits aber gelten die hier abgeleiteten Beziehungen für den absoluten Nullpunkt oder ihm benachbarte Temperaturen zunächst nur für feste oder flüssige Systeme. Unbeschadet der allgemeinen Anwendungsmöglichkeiten des dritten Hauptsatzes für höhere Temperaturen, bei denen auch Gase in die Reaktionen eintreten können, hat die hierin liegende Einschränkung Bedeutung für die noch bei den tiefsten Temperaturen existenzfähigen Gase.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 18. Oktober 1919 hielt der frühere Gouverneur des Schutzgebietes Deutsch-Neuguinea Dr. A. Hahl (Berlin) einen Vortrag „Achtzehn Jahre Tätigkeit in Neu-Guinea“. Er gab zunächst einen Überblick über die Entwicklung des Landes, in welcher er drei Zeitabschnitte unterscheidet: 1. Das Régiment in Finschhafen. Dies ist die Zeit der ersten wissenschaftlichen Erforschung des Landes, die sich der Festlegung der Küsten und der Erkun-

dung der Siedelungsverhältnisse der Eingeborenen zuwendet und mit der Bereisung des Augustastromes durch die Geographen *Schröder* und *Holtrung* 1888 endet. 2. Die Zeit des *Regimentes an der Astrolabebucht* umfaßt die Aufrichtung einer einfachen Verwaltungsorganisation, berechnet für die Beruhigung der Eingeborenen und den Beginn der geregelten Pflanzungswirtschaft. Die Entwicklung des Kaiser-Wilhelm-Landes beruhte auf dem Tabakbau der Neu-Guinea-Compagnie, die des Bismarckarchipels und der Salomoinselfn auf dem Anbau der Kokosnuß und auf dem Handel mit Eingeborenen. In diesen zweiten Zeitabschnitt fällt die Ankunft des Redners in Neu-Guinea selbst, wo er zunächst als Richter und Verwaltungsbeamter im Bismarckarchipel tätig war. Er gibt ein anschauliches Bild der Schwierigkeiten der Lage, die sich aus dem Widerstande der Eingeborenen gegen das Eindringen europäischer Zivilisation ergaben. Zur Beruhigung der Eingeborenen dienten wesentlich kulturelle Mittel, nämlich die Begünstigung eines geregelten Anbaues und die Anlegung von Straßen. Interessant ist die Tatsache, daß der Widerstand, den die Eingeborenen dem Wegebau entgegensetzten, gebrochen wurde durch ihre eigenen Frauen, die mit den Handelsprodukten zum Markte mußten und den Vorteil guter Wege am eigenen Leibe spürten. Am 1. April 1899 übernahm das Reich die Verwaltung der Kolonie aus den Händen der Neu-Guinea-Compagnie. Damit setzte 3. das *Regiment in Herbertshöhe an der Blanchebucht* und die wissenschaftliche Forschung wieder ein. Der Vortragende schilderte die wachsende Kaufkraft der Eingeborenen und das Aufblühen der Kolonie unter der deutschen Verwaltung, die unablässig bestrebt war, das Wohl der Eingeborenen zu fördern, was auch die australische Presse vor dem Kriege durchaus anerkannte. Zahlreiche Eingeborene wurden in den Regierungskrankenhäusern als Heilgehilfen ausgebildet und dann in ihre Dörfer entlassen, wo sie imstande waren, an der Hebung der Gesundheitsverhältnisse mitzuarbeiten. 1914 waren etwa 1600 Europäer, darunter mehr als 1000 Deutsche, im Schutzgebiet ansässig, dessen Außenhandel 20 Millionen Mark überstieg.

Zum Schluß gab der Vortragende an der Hand von Lichtbildern einen Überblick über die Natur und Bevölkerung des Landes. Die Ureinwohner des Landes bilden verschiedene Stämme, die man unter dem Namen Papua zusammenfaßt. Sie leben in primitiven Verhältnissen in einer Hütte zusammen mit ihren Haustieren und stehen zum Teil noch auf der Kulturstufe der Steinzeitmenschen. Von ihnen unterscheiden sich die Melanesen durch eine höhere Kulturstufe, die u. a. in kunstvollen Hausbauten zum Ausdruck kommt. Ihr Rechts- und Gesellschaftsleben baut sich auf dem Mutterrecht auf. Die Blutrache ist weit verbreitet und liegt vielfach noch heute als Geißel auf dem Lande.

O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ungeheure Waldbrände im Westen der Vereinigten Staaten von Amerika. Eine Brandkatastrophe von gewaltiger Ausdehnung hat am 12. Oktober 1918 das nordöstliche Minnesota, westlich des großen Exporthafens Duluth am Westende des Oberen Sees heimgesucht. *H. W. Richardson* hat die Ursachen und Verbreitung des gewaltigen Schadenfeuers näher unter-

sucht und beschrieben¹⁾. Es handelt sich um den merkwürdigen Fall, daß 50 bis 75 einzelne kleine Waldbrände, wie sie in der trockenen Jahreszeit dort häufig sind, infolge der günstigen meteorologischen Bedingungen (große Trockenheit und geeignete Windrichtung) eine beträchtliche Ausdehnung annehmen und sich zu einem so enormen Brandherd vereinigen haben, daß sie am Nachmittag und Abend des 12. Oktober 1918 über weite Gebiete nach Osten hin vorwärts schreiten konnten. In breiten Fronten von mehreren Kilometern rückten die einzelnen Brände vom Wind getrieben mit Geschwindigkeiten von mehr als 30 Kilometern in der Stunde vor, so daß jeder Rettungsversuch aussichtslos erscheinen mußte. In 16 Kilometer breiter Front erreichte das Feuer schließlich Duluth, dessen Vorstädte noch erheblichen Schaden erlitten, und kam dann am Ufer des Oberen Sees zum Stehen, nachdem es ein Gebiet von über 21 000 qkm beschädigt hatte und etwa 5000 qkm in Brand geraten waren. Mehr als 30 Ortschaften wurden teilweise oder völlig zerstört, 2000 Personen mehr oder weniger schwer verwundet und 400 verloren ihr Leben. Der Sachschaden wird auf über 100 Millionen Mark geschätzt.

Luftverkehrswege nach Australien. Über die meteorologischen Bedingungen des Luftverkehrs nach Australien hat der australische Meteorologe *G. Taylor* Untersuchungen angestellt²⁾. Er schlägt den Weg von Calcutta über Rangoon, Bangkok, Penang, Singapore, Batavia, Banjoewangie (Java), Koepang (Timor), Port Darwin (Nord-Australien), Matarauka, Conclurry und Longreach nach Brisbane und von dort nach Sydney, Canberra oder Melbourne vor. Der Weg bis Brisbane läßt sich bei den jetzt möglichen Geschwindigkeiten in 4 Tagen zurücklegen, wobei die einzige längere Strecke über den Ozean von Koepang nach Port Darwin 800 km lang ist.

Während des Winters der südlichen Halbkugel, also im Juli, weht der Passat von Australien bis zum Äquator aus südöstlicher Richtung, also dem von Asien kommenden Luftfahrzeug gerade entgegen, während er die Rückfahrt von Australien fördern würde. Nun darf aber nach den Forschungen von Professor *H. Hergesell* und anderer deutscher Meteorologen angenommen werden, daß dieser Passat nur bis etwa 3700 m nach oben reicht, so daß es sich empfiehlt, um diese Jahreszeit für die Hinfahrt größere Höhen aufzusuchen, während für die Rückfahrt die günstige Richtung des Passates in den unteren Schichten ausgenutzt werden kann. Im Sommer dagegen, also im Januar, weht in Nord-Australien während der drei heißesten Monate der Nordwestmonsun, ein sehr stürmischer und böiger Wind, den der Flieger trotz seiner günstigen Richtung gern vermeiden wird, indem er möglichst hoch fliegt. Eine Gefahr bilden die tropischen Zyklonen, denen der Flieger möglichst aus dem Wege gehen muß, doch müssen über das Verhalten von Luftfahrzeugen bei Annäherung solcher Wirbelstürme noch weitere Erfahrungen gesammelt werden, so daß es zurzeit noch nicht möglich ist, den Fliegern bestimmte Instruktionen für solche Fälle mitzugeben.

O. B.

¹⁾ The Northeastern Minnesota forest fires of October 12, 1918. By *H. W. Richardson*. The Geographical Review, New York, 1919, Vol. 7, S. 220 bis 232. Mit Abbildungen und 2 Karten.

²⁾ Air routes to Australia. By *Griffith Taylor*. The Geographical Review, New York, 1919, Vol. 7, S. 256—261. 3 Karten.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 49. (Seite 923—942)

5. Dezember 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Leichtmetallindustrie. Von F. Regelsberger, Berlin-Lichterfelde. S. 923.

Zur Entstehungsgeschichte des Adriatischen Meeres. Von Ernst Nowak, Leoben. S. 929.

Zuschriften an die Herausgeber:

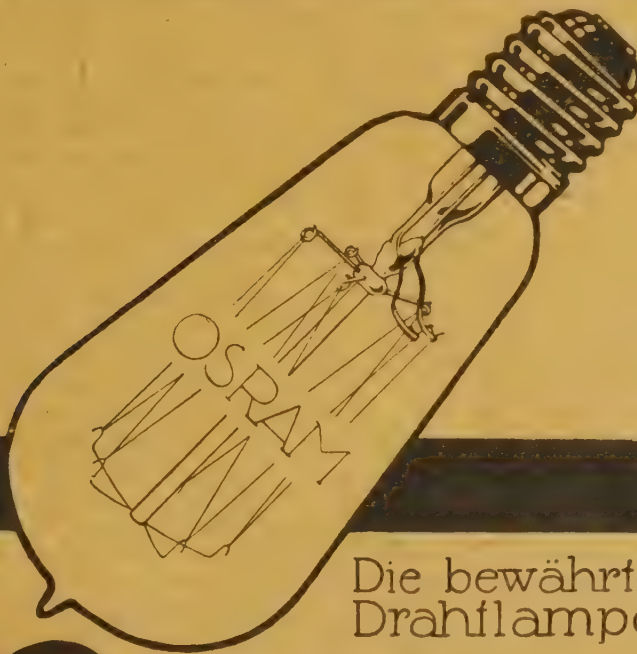
Zur Theorie der Erregungsleitung im Nervensystem. Von P. Vageler, Berlin-Dahlem. S. 934.
Wie ist das körperliche Wärmegefühl, die schweißtreibende Hitze bei schneller Niederfahrt

aus großen Höhen zu erklären? Von A. Stettbacher, Schwamendingen b. Zürich. S. 936.

Die psychologische Erklärung der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes. Von Fritz Zweifel, Rüschlikon b. Zürich. S. 937.

Zoologische Mitteilungen:

Die Besiedelungsgeschichte der Adria im Lichte der neueren Bearbeitung der Zehnfüßigen Krebse. Die pazifische und atlantische Medusengattung *Gonionemus* in der Adria. Findlinge — als biogeographischer Begriff. S. 938—942.



Die bewährte
Drahtlampe

Osram

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petit-seite angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a.Rh.

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Die Naturwissenschaften

1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(167)

Prof. Dr. Hans Aronson-Stiftung.

Am 24. Juni 1919 hat die Preussische Staatsregierung die Errichtung einer **Professor Dr. Hans Aronson-Stiftung** genehmigt. Die Witwe des am 8. März 1919 verstorbenen hervorragenden Bakteriologen hat sie vorerst mit einem Betrage von 500 000 Mk. errichtet, um damit einen lange gehegten Plan des Verbliebenen zu verwirklichen. Die Stiftung soll **die deutsche Forschung auf dem Gebiete der Bakteriologie und experimentellen Therapie fördern**. Sie wird aus den gesamten verfügbaren Zinsen hervorragende wissenschaftliche Leistungen deutscher oder deutsch-österreichischer

Forscher mit Preisen auszeichnen und zwar in der Regel jährlich höchstens eine Arbeit mit einem Preise von demnach zunächst mindestens 20 000 Mk., mindestens aber alle fünf Jahre eine Arbeit mit einem sodann entsprechend höheren Preise. Die Stiftung wird den Preis am 8. März zuerteilen, dem Datum des Todestages von Professor Aronson und zwar frühestens im Jahre 1921. Die Arbeiten müssen innerhalb der letzten 10 Jahre vor der Preisverteilung abgeschlossen worden sein.

Das von der Stifterin dem Wunsche ihres Gattengemäß ernannte Kuratorium besteht z. Zt. aus den Herren:

Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Ernst Bumm, Berlin,

Prof. Dr. Adolf Lazarus, Charlottenburg,

Geh. Obermedizinalrat Prof. Dr. Lentz, Vortragender Rat im Ministerium des Innern, Berlin,

Kaufmann L. Silten, Berlin,

Rechtsanwalt Israel, Berlin-Pankow.

Die Preisverleihung erfolgt satzungsgemäß nach sorgfältigster Anhörung berufener Sachverständiger durch das Kuratorium.

Zuschriften sind an das Büro des Schriftführers, Rechtsanwalt und Notar Israel, Berlin-Pankow, zu

richten, wo auch Abdrucke der Satzungen erbeten werden können.

Persönliche Ueberreichungen von Arbeiten und Vorschlägen erscheinen im beiderseitigen Interesse erwünscht.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

5. Dezember 1919.

Heft 49.

Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Leichtmetallindustrie.

Von F. Regelsberg¹⁾, Berlin-Lichterfelde.

I. Gewinnung¹⁾.

Trotzdem man Metalle schon seit den ältesten Zeiten kennt, ist es wenig über ein Jahrhundert her, daß man es nicht mehr als deren vornehmliche Eigenschaft ansieht, schwer, insbesondere schwerer zu sein als ihre Verbindungen. Als Davy 1807 durch Elektrolyse von feuchtem Ätzkali und Ätznatron zum ersten Male die silberglänzenden verbrennlichen Kügelchen von Kalium und Natrium erhalten hatte, wollte man sie, da sie sich leichter als Wasser und auch leichter als ihre Oxyde, Hydroxyde und andere Verbindungen zeigten, nicht als Metalle ansehen und nannte sie Metalloide, d. i. metallähnliche. Als man aber wenig später auch Magnesium und Aluminium in dichten, wenn auch feinkugelligen Stückchen herzustellen vermochte, sah man sich doch gezwungen, sie als vollwertige Metalle anzuerkennen; man stellte sie als besondere Gruppe der „Leichtmetalle“ den eigentlichen oder „Schwermetallen“ gegenüber. Die Jahre brachten noch weitere analoge Elemente hinzu und so rechnet man heute zu den Leichtmetallen die einwertigen Alkalimetalle: Kalium (K: 0,86; 39,1; 62,5° C²⁾), Natrium (Na: 0,97; 23,0; 97,5° C), Lithium (Li: 0,53; 6,94; 179° C), Rubidium (Rb: 1,52; 85,4; 38,5° C), Cäsium (Cs: 1,87; 132,81; 26° C), die zweiwertigen *Erdkalimetalle*: Barium (Ba: 3,78; 137,4; 850° C), Strontium (Sr: 2,5; 87,63; gegen 800° C), Calcium (Ca: 1,59; 40,07; 803° C), denen sich noch das Magnesium (Mg: 1,75; 24,32; 650,9° C) anreicht, und die *Erdmetalle*: Aluminium (Al: 2,65—2,77; 27,1; 658,7° C) und Beryllium (Be: 1,73; 9,1; gegen 1800° C), von denen das erstere dreiwertig, das andere zweiwertig ist.

Es liegt nahe, die späte Entdeckung der Leichtmetalle auf ihre große chemische Reaktionsfähigkeit zurückzuführen. Diese, die vom Kalium zum Calcium und Magnesium und schließlich Aluminium abnimmt, zeigt sich vor allem in der außerordentlichen Affinität zum Sauerstoff. An

gewöhnlicher Luft überzieht sich das Natrium und Calcium infolge des nie fehlenden Wassergehalts mit einer Kruste von Hydrat, das Magnesium und Aluminium mit einem grauen Oxydhäutchen, mit Wasser verbrennt das Natrium sofort, Magnesium und Aluminium zersetzen es in fein verteiltem Zustand oder beim Erwärmen, letztere beide verbrennen auch an der Luft erhitzt mit stark glänzendem Licht. Ähnlich verhalten sich die Leichtmetalle gegenüber anderen Reagentien, mit denen oder mit deren Bestandteilen sie Verbindungen einzugehen vermögen. Mit diesem chemischen Verhalten hängt es auch zusammen, daß man keinem der Leichtmetalle frei in der Natur begegnet, diese vielmehr in mannigfaltigen Verbindungen, insbesondere mit Kieselsäure, vorkommen, in denen sie die wichtigsten Bausteine für unsere Erdkruste bilden.

Da bei allen Verbindungen der Leichtmetalle große Wärmemengen frei werden, so ist es auf Grund eines allgemein gültigen chemischen Gesetzes klar, daß zu ihrer Zersetzung auch die Aufwendung ebenso großer Wärmemengen erforderlich ist, ein Umstand, der ihre Gewinnung erschweren und verteuern mußte.

Nun kann man allerdings diesen Wärmehaushalt bei der Gewinnung der Leichtmetalle herabzumindern versuchen, indem man, ähnlich wie bei der bekannten Gewinnung der Schwermetalle, ein Reduktionsmittel hinzusetzt, das den wegzunehmenden Bestandteil bindet, so daß die hierdurch entstehende Wärme dem Prozeß zugute kommt. Als solches bieten sich der Kohlenstoff bzw. dessen ungesättigte Sauerstoffverbindung, das Kohlenoxyd, oder auch andere leicht verbrennliche Kohlenstoffverbindungen, insbesondere gewisse Kohlenwasserstoffe dar. Allein bei den meisten Leichtmetallen tritt hierbei eine Carbidebildung (Verbindung mit Kohlenstoff) ein, so daß auf diesem Wege ein reines Metall, außer Natrium, unmittelbar nicht erhalten werden kann. So hat man denn auch jahrzehntelang nur das Natrium auf diesem Wege hergestellt, dieses aber selbst wieder als Reduktionsmittel für andere Leichtmetalle, insbesondere für Aluminium, benutzt, indem man sich als Ausgangsmaterial für diese der schmelzflüssigen Halogenverbindungen bediente.

Ein anderer Weg zur Herstellung der Leichtmetalle, bei dem weder Wärme- noch chemische Energie, sondern elektrische Energie zur Zersetzung aufgewendet wird, ein Weg, den seinerzeit Davy bei seiner Darstellung von Kalium benutzt

¹⁾ Dieser Teil, bereits im November 1913 der Schriftleitung übergeben, mußte aus verschiedenen Gründen von der Veröffentlichung zurückgestellt werden; er ist nach Möglichkeit nach dem heutigen Stande berichtet.

²⁾ Die neben den Atomsymbolen in der Klammer aufgeführten Zahlen geben der Reihe nach das spezifische Gewicht, das Atomgewicht und die Schmelztemperatur an.

und, dessen praktische Gangbarkeit sehr bald *Bunsen* mit seinen Mitarbeitern erkannt und ausgearbeitet hat, ist die *Elektrolyse*.

Doch konnte diese für die gewerbliche Herstellung erst in Frage kommen, als die Elektrotechnik gut und sicher arbeitende Gleichstrommaschinen von niedriger Spannung lieferte. Von da an bot sich dieser Weg der Technik als der einfachste, sicherste und billigste dar, so daß sich sehr bald kein anderes Verfahren daneben behaupten konnte, zumal auch die Erzeugungskosten der elektrischen Energie infolge Benutzung von großen Wasserkraften oder Hochofengasen und wirtschaftlich besserer Krafterzeugung sich noch sehr bedeutend herabmindern ließen. Hierbei bildeten (und bilden zum Teil auch heute noch) die Apparatur und der zu verwendende Elektrolyt die wichtigsten Punkte, auf die sich das Studium des Technikers zu richten hatte.

Die Elektrolyse aus wässriger Lösung mußte von vornherein wegen des schon erwähnten Verhaltens der Leichtmetalle gegen Wasser als aussichtslos erscheinen, tatsächlich läßt sich auf diesem Wege nur in ganz wasserarmer, breiförmiger Elektrolytaufschwemmung und unter Anwendung einer außerordentlich hohen Stromdichte, wie sie z. B. bei *Davy's* Versuchen vorhanden war, eine geringe Abscheidung metallischer Kügelchen erreichen.

Es mußte daher zu wasserfreien, in erster Linie geschmolzenen Elektrolyten gegriffen werden, als welche sich ganz natürlich die schmelzbaren Halogensalze ergaben, von denen sich das Natriumchlorid als Steinsalz, das Magnesiumchlorid zusammen mit Kaliumchlorid als *Carnallit*, das Calciumfluorid als Flußspat, das Aluminiumfluorid zusammen mit Natriumfluorid als *Kryolith* in großen, zum Teil unerschöpflichen Mengen in der Natur vorfinden.

Freilich war die Apparatur wegen der Notwendigkeit, den Elektrolyten im Schmelzfluß zu erhalten, sehr viel schwieriger auszubauen und würde vielleicht heute noch als Hemmschuh des elektrischen Verfahrens, wenigstens für die Aluminiumgewinnung, erscheinen, wenn dem nicht der geniale, wohl zuerst von *Werner Siemens* bei elektrischen Schmelzungen verwendete Gedanke, das Bad durch den die Zersetzungsenergie liefernden Strom auch gleichzeitig zu beheizen, zu Hilfe gekommen wäre. Damit war es möglich, die Apparatur wesentlich einfacher zu gestalten und vor allem billige, leicht zu beschaffende Materialien für die Schmelzbehälter oder Öfen zu verwenden.

Noch viele zum Teil ursprünglich unüberwindbar erscheinende Schwierigkeiten der verschiedensten Art, sowohl in Hinsicht der technischen Einrichtung als der Verfahrensdurchführung, mußten überwunden werden, ehe der heutige Stand fabrikativer Ausbildung und wirtschaftlicher Gestaltung erreicht werden konnte. Und noch sind nicht alle Probleme gelöst, wenn auch fernerhin eine gleich einschneidende Wirkung

nicht mehr zu erwarten ist. Auf einige davon werden wir im nachfolgenden noch kurz zu sprechen kommen.

Bei dem regen Wettstreit auf unserem Gebiete, der etwa mit dem Jahre 1889 einsetzte, in welchem zum ersten Male in der Schweiz die *Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft Neuhausen*, unter der Leitung des leider zu früh verstorbenen *Martin Kiliari*, in Frankreich die mit ihr eng verbundene *Société Electrometallurgique Française* in *Froges* unter der Leitung von *P. T. Héroult*, und fast gleichzeitig in den Vereinigten Staaten von Nordamerika die *Pittsburg Reduction Company*, unter der Leitung von *Hall* und *Hunt*, mit größeren Mengen elektrolytisch hergestellten Aluminiums zu einem bis dahin unerhört niedrigen Preis (das Kilogramm kostete 1888 noch etwa 56 Mark und am Ende des Jahres 1889 16 Mark, 1914 etwa 1,80 Mark) auf den Markt traten, wurden einerseits die fabrikmäßige Gewinnung der wichtigeren Leichtmetalle beträchtlich vereinfacht und verbilligt, andererseits auch weite Kreise der Industrie auf deren Verwendung aufmerksam und damit vertraut gemacht, was wiederum größere Produktionsmengen und somit bessere Ausnutzung der Anlagen ermöglichte, so daß die Produktionskosten auf einen früher nicht zu erwartenden niedrigen Stand gesunken sind, teilweise, beim Aluminium, überhaupt nur noch geringe Differenzen erwarten lassen.

In kaufmännisch und technisch wirklich in Betracht kommendem Maße werden zurzeit lediglich Natrium, Calcium, Magnesium und Aluminium hergestellt. Für sie alle bedient man sich, wie schon gesagt, zur Zeit der Schmelzelektrolyse.

Das Ausgangsmaterial für die Herstellung des *Natriums* ist das Natriumhydrat (NaOH), das seinerseits ebenfalls auf elektrolytischem Wege und zwar aus Natriumchlorid (NaCl) gewonnen wird.

Die Frage drängt sich auf, warum man nicht das schmelzflüssige Natriumchlorid selbst der Elektrolyse unterwirft. Tatsächlich sind auch von Anfang an und noch heute die Versuche der Techniker darauf gerichtet gewesen, dieses sehr viel billigere Ausgangsmaterial zu verwenden, aber erst in den letzten Jahren scheint es geglückt, die Schwierigkeiten, die insbesondere die Abfangung des Chlors und die Verhinderung seiner Einwirkung auf das entstandene Natrium dem Apparatkonstrukteur bot, zu überwinden, indem man entweder durch geeignete chemisch widerstandsfähige Diaphragmen oder durch eine geschickt zwischen Kathode und Anode in den Oberflächenschichten des Schmelzbades erzeugte Salzkruste die Vermischung der beiden entgegengesetzten Salzbestandteile verhütet. Beim Ätznatron liegt nun die Sache insofern günstiger, als wegen dessen niedrigen Schmelzpunkts die Badtemperatur weniger hoch liegt und außerdem der anodisch entwickelte Sauerstoff geringere Anforderungen an das Material stellt und auch aus

hygienischen Gründen nicht so sorgfältige Ableitung wie das Chlorgas verlangt.

Freilich kann man auch hier nicht auf eine glatte Aufspaltung rechnen, denn die aus 2 NaOH-Molekülen entstehenden 2 OH-Gruppen spalten sich im Entstehungszustand in O und HOH, d. h. Wasser, welches sich, falls man ohne Diaphragma, wie hier aus praktischen Gründen, arbeitet, außerordentlich rasch in der Schmelze verteilt. Dadurch wird dann wieder ein mehr oder weniger großer Teil (theor. 50 %) des eben entstandenen Natriums, das sich übrigens besonders bei höherer Temperatur in beträchtlichen Mengen in der Schmelze löst, unter Wasserstoffentwicklung wieder zu NaOH gebunden. Soviel über die technischen Ausbeuteverhältnisse bekannt geworden ist, schwanken diese zwischen 30 und 40 % der nach dem Faradayschen Gesetze aus dem aufgewendeten Strom zu erwartenden Menge, bei einem Spannungsaufwand von 4,5 Volt.

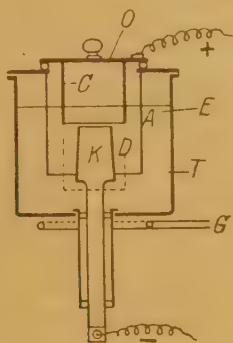


Fig. 1. Castners Natriumapparat.

Zur Ausführung muß man, wie aus vorstehendem ersichtlich, vorher entwässertes geschmolzenes Ätznatron verwenden. Die praktische Durchführung baut sich in ihren Grundzügen auf den Vorschlägen Castners (D. R.-P. 58 121) auf, der die Wichtigkeit einer genauen Temperaturhaltung wegen der bei höherer Temperatur stark stattfindenden Einwirkung der Schmelze auf das Metall zuerst erkannt hatte. Castner (s. obenstehende schematische Skizze) verwendet einen tiegelartigen Kessel T aus Eisen, der zentral nach unten sich in ein Rohr fortsetzt, durch welches isoliert die Kathode K — ein Eisenstab, der sich oben zu einem Kegelstumpf verbreitert — hochgeführt ist. Der Kegelstumpf wird von einem frei von oben in das Bad hereinhängenden Zylinder C, der einen Drahtnetzzyylinder D trägt, umgeben, der das sich an und über der Kathode ansammelnde Metall von dem Übertritt nach dem umgebenden Anodenzyylinder A (von Nickel) abhalten soll. Der Elektrolyt E reicht wenig über die Kathode hinaus. Die Temperatur soll möglichst niedrig, höchstens 20° über dem Schmelzpunkt des Ätznatrons, etwa 330°, gehalten werden. Die Heizung geschieht durch einen Gasringbrenner G am

Boden des Kessels. Da hierbei der untere Rohrfortsatz nur von oben warm wird, so erstarrt in ihm die Schmelze und bildet einen natürlichen Abschluß. Das sich oben ansammelnde Metall wird mit eisernen Sieblöffeln abgeschöpft, durch Umschmelzen und Ausgießen in eiserne Formen rein gewonnen und unter Steinöl aufbewahrt. Verpackt wird das Metall in trockenen Blechkisten, die gut verlötet werden.

Beckers Apparat (D. R.-P. 104 955) ist dem Castnerschen nachgebildet, besitzt aber an Stelle des Drahtnetzes um die Kathode einen oben luftgekühlten Sammelkonus mit Metallablauf. Das Kathodenzuführungsrohr ist außerhalb des Kessels von einem Kühlmantel umgeben. Die Kathode besteht aus einzelnen kreisförmig gestellten, unten durch einen Ring zusammengehaltenen und mit diesem auf dem Zuführungsstab ruhenden Stäben, die eine große Oberfläche geben.

Noch weiter verbessert ist dieser Apparat von der Société d'Electrochimie in Verbindung mit dem französischen Elektrotechniker Hulin. Auf Grund der wichtigen Entdeckung, daß sich gewisse Verunreinigungen des Ätznatrons, wie Silicium, zuerst auf der Kathode ausscheiden und dabei die Ausbeute, wohl infolge der durch die Widerstandserhöhung bewirkten Temperatursteigerung, immer weiter herunterdrücken, haben sie die Kathode auswechselbar gemacht, so daß nach der im Anfang stattfindenden Reinigung des Bades durch die Elektrolyse eine neue Kathode eingesetzt werden kann, mit der nunmehr die Elektrolyse bis zur notwendig werdenden Ergänzung des Bades fortgesetzt wird. Auch in bezug auf die Gestalt der Elektroden sind Änderungen getroffen, die eine beträchtliche Oberflächenvergrößerung ergeben und somit eine stärkere Belastung des Bades mit Strom erlauben, was zusammen mit der gesteigerten Ausnutzung der Apparatur bei gleichen Arbeitskräften eine weitere Verbilligung des Produkts herbeiführt. Inwieweit der neueste Vorschlag (franz. Pat. 456 688), der wohl von der gleichen Gesellschaft ausgeht, periodisch die Elektrodenpole zu wechseln und so eine Selbstreinigung der Kathode ohne deren Entfernung aus dem Bade herbeizuführen, sich durchsetzt, bleibt noch abzuwarten.

Wir müssen hier absehen von der Besprechung vieler anderer Vorschläge, die alle zum Zweck haben, den Metallverlust im Bade selbst entweder durch Verhinderung der Metallverteilung in der Schmelze („Berührungskathoden“ von Rathenau und Suter [D. R.-P. 96 672], bzw. Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft [engl. Pat. 21 027 v. 1896]) durch Anordnung eigenartiger Sammelräume oder durch Vermeidung von Temperatursteigerung, beispielsweise auch mittels besonderer Elektrolytsalzmischungen, oder solcher, die auf stetigen Ersatz der mit Wasser angereicherten durch frische Hydroxydschmelze, oder anderer die auf rasche und selbsttätige Entfernung des Metalls aus dem

Bade hinauslaufen. Ebenso können solche zur Benutzung von Natriumchlorid keine weitere Erwähnung finden, da sie noch nicht hinlänglich praktisch ausgebaut erscheinen.

Nur ein besonders von *Ashcroft*, im letzten Jahrzehnt aber auch von anderen verfolgtes Verfahren, welches vom Natriumchlorid ausgeht, muß erwähnt werden, weil es, wenn man gewisse in Zusammenhang damit stehende Veröffentlichungen über Neuanlagen so deuten darf, anscheinend das Versuchsstadium überwunden hat. Die zugrunde liegende Methode ist an sich, wenigstens soweit die Verarbeitung des Chlorids in Betracht kommt, schon älter. Es ist die Methode der elektrolytischen Doppelzelle. Hierbei wird das entstehende Alkalimetall dadurch dem zerstörenden Einfluß des Chlors entzogen, daß man es an einer Kathode entwickelt, deren Metall, wie Quecksilber, Blei, Zinn, eine Alkalilegierung zu bilden vermag. Da die Trennung und Gewinnung des Alkalimetalls aus dieser Legierung nicht ohne Schwierigkeit und Kosten möglich war, hat man die Legierung meist durch Behandlung mit Wasser oder Dampf auf Ätzkali verarbeitet.

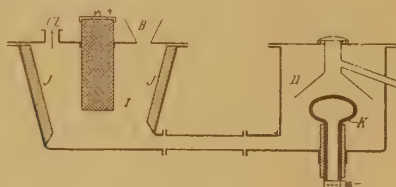


Fig. 2. Ashcrofts Doppelzelle.

Das neue Verfahren (s. Fig. 2) beruht darauf, daß die in der Primärzelle gebildete Legierung in einer zweiten Zelle als Anode dient und so bei Benutzung einer passenden, leicht schmelzbaren, stromleitenden Alkaliverbindung, die dabei theoretisch nicht verbraucht wird, ihren Alkalimetallgehalt nach der Kathode dieser Sekundärzelle abgibt, wo es nach bekannten Regeln gewonnen wird. Die Schwierigkeiten bestehen hier vor allem in der Aufrechterhaltung guter und gleichmäßiger Zirkulation des als Doppelektrode dienenden Metalls von der Primär- zur Sekundärzelle und wieder zurück, wobei auch auf deren richtige Temperierung in jeder der beiden Zellen zu achten ist.

Als Trägermetall dient in der Praxis geschmolzenes Blei, die Elektrolyten sind daher in beiden Zellen ebenfalls im Schmelzfluß; als solcher wird in der Sekundärzelle meist Ätznatron benutzt.

Natrium wird hergestellt in Deutschland vor allem von der *Elektrochemischen Fabrik Natrium* in Bad Rheinfelden, in der Schweiz in der *Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft* in Neuhausen, in Frankreich von mehreren Fabriken sowie auch in den Vereinigten Staaten Nordamerikas und seit 1916 auch in zwei Fabriken in Norwegen. Die Produktion, welche hauptsächlich für

die Herstellung von Cyanid und Natriumsuperoxyd geschieht, wurde vor dem Kriege von sachverständiger Seite auf etwa 3 200 000 kg im Werte von 17 Millionen Mark geschätzt (Verkaufspreis für das Kilogramm 5 Mark).

Das Calcium entsteht zwar durch Reduktion des Oxyds mit Kohle bzw. durch Erhitzung des hierbei zunächst gebildeten Carbid; man bedient sich aber zu seiner technischen Darstellung zurzeit nur der schmelzflüssigen Elektrolyse, und zwar wohl hauptsächlich nach dem von *Rathenau* und seinen Mitarbeitern bei den Elektrochemischen Werken ausgearbeiteten Verfahren. Danach wird eine Schmelze von wasserfreiem Calciumchlorid, dem ein geringer Zusatz von Fluorcalcium gegeben wird (Schmelzpunkt 655°C , spezifisches Gewicht 2,5), in einem als Anode dienenden, mit Kohle ausgesetzten Tiegel und mit einer von oben eintauchenden eisernen Stabkathode, also mit hoher Kathodenstromdichte, einem ziemlich starken Strom ausgesetzt, jedoch mit derartiger Temperaturregulierung, daß das Bad nicht bedeutend über den Schmelzpunkt des Calciums (803°) hinaus erhitzt wird. Das Metall setzt sich an der Kathode an, wo es an der luftgeköhlten Oberfläche bald erstarrt, so daß es fest an der Kathode haften bleibt und mit ihr allmählich in die Höhe gehoben werden kann. Das Metall bildet hierbei eine stabförmige Fortsetzung der Kathode und dient schließlich selbst als Kathode. Die Oxydation an der Luft ist hierbei nicht zu befürchten, da sich gleichzeitig mit dem Metall ein dünner Überzug von erstarrendem Schmelzfluß, der als Schutzhülle dient, heraushebt. Das Metall braucht nachher nur umgeschmolzen zu werden, um es ganz rein zu erhalten.

Seine Produktion ist zurzeit nur ganz unbedeutend und dementsprechend auch der Preis hoch (etwa 8 M. per 1 kg).

Zur Fabrikation des Magnesiums sind zwar sehr viele Vorschläge gemacht worden, im wesentlichen dürfte es aber heute noch — soweit die wenigen hierüber in die Öffentlichkeit gedruckten Mitteilungen vermuten lassen — durch Elektrolyse von geschmolzenem wasserfreiem Karnallit hergestellt werden, wie es zuerst von der Aluminium- und Magnesiumfabrik Hemelingen bei Bremen in der deutschen Patentschrift 115 015 beschrieben worden ist. Das Bad muß durchaus wasserfrei sein, was durch Vorelektrolyse erreicht werden kann, auch ist jede Spur Sulfat fern zu halten, weil dieses durch oberflächliche Oxydation das Zusammenfließen der Magnesiumkugeln verhindert. Natürlich muß durch Zusatz von reinem Magnesiumchlorid für den Ersatz des ausgeschiedenen Magnesiums gesorgt werden. Ein geringer Zusatz von Fluorcalcium erhöht die Schmelzflüssigkeit und erleichtert das Zusammenfließen des Magnesiums, wodurch auch die schädliche Einwirkung des aus dem Bade entweichenden Chlors vermindert wird; ein Zusatz von Kaliumchlorid erniedrigt den Schmelzpunkt. Da die

Schmelze spezifisch schwerer als das Metall ist, sammelt sich dieses oben an.

Der Preis des Metalls, welches hauptsächlich für Legierungszwecke und für Beleuchtungseffekte außer von der genannten Fabrik auch von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron bei Frankfurt a. Main hergestellt wird, war seiner verhältnismäßig geringen Produktion entsprechend vor dem Kriege noch hoch; er betrug 14 M. per 1 kg. Im Kriege ist, wegen der Verwendbarkeit einiger seiner Legierungen als leichtes Material für den Flugzeug- und Automobilbau, die Herstellung, besonders in den Verein. Staaten Amerikas, erheblich gesteigert worden; 1917 wurde dort die Erzeugung (von 5 Firmen) auf 115 800 engl. Pfund im Werte von 233 600 Doll. geschätzt.

Für die bisher behandelten Metalle sind von der Virginia Laboratory Company bzw. von ihren Mitarbeitern, darunter der im Kriege gefallene Deutsche von Kügelen, Apparate konstruiert worden, welche, ohne die Nachteile eines Diaphragmas zu besitzen, doch in weitem Maße eine Getrennthaltung der sich im Bade ver-

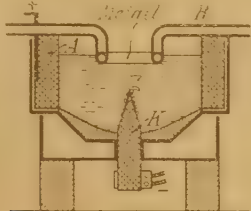


Fig. 3. Apparat der Virginia Laboratory Co.

teilenden Chlor- und Metallteilchen bewirken. Zu diesem Zweck wird nämlich nahe an der Schmelzoberfläche des Bades zwischen der zentralen fast bis oben hingeführten Kathode K und der sie zylindrisch umgebenden als Anode ausgebildeten Wand A des Tiegels durch ein ringförmig eingelegtes Kühlrohr R eine ringförmige Salzkruste erzeugt, die, wenn sonst eine störende Bewegung des Bades durch richtige Regelung des Stromes vermieden wird, die Anoden- und Kathodenbestandteile voneinander fernhält. (S. Fig. 3)

Am genauesten bekannt und durchgearbeitet ist auch, entsprechend der weitaus größeren technischen und wirtschaftlichen Bedeutung, die Fabrikation des Aluminiums.

Als Ausgangsmaterial dient reine kalzinierte Tonerde (Al_2O_3). Sie wird jedoch wegen ihres hohen Schmelzpunktes nicht unmittelbar als Elektrolyt benutzt, sondern mit mindestens dem Vierfachen ihres Gewichts an reinem Kryolith zusammengeschmolzen, worin sie sich klar löst. Ein solches Gemisch hat, was für die Aluminiumgewinnung sehr wichtig ist, weil es die Apparatur wesentlich vereinfacht, im Schmelzfluß ein niedrigeres spezifisches Gewicht als das geschmolzene Metall, nämlich 2,35 gegenüber 2,54 des geschmolzenen Aluminiums (bei 900°). Das Metall sammelt sich daher unten an und der Ofenboden kann somit zugleich als Kathode ausgebildet

werden, während die aus zylindrischen Kohlenstäben oder aus großen prismatischen Kohlenblöcken bestehenden Anoden frei in das Bad hinhängen und die sich an ihnen entwickelnden Gase, soweit sie nicht, wie das Fluor, von der Tonerde des Bades zur Bildung von neuem Aluminiumfluorid oder, wie der Sauerstoff von der Anodenkohle zu Kohlenoxyd, gebunden werden, aufsteigen, ohne mit dem Metall in Berührung zu kommen.

Der Elektrolysierbehälter oder „Ofen“ (Fig. 4) ist ein meist länglich viereckiger Eisenblechkasten; er steht auf einer starken eisernen Bodenplatte, in der eine große Anzahl aufrecht stehender Stifte eingesetzt sind. Die Innenwände sind etwa 20 cm dick mit einer zähen Kohlenpulverteermischung ausgestampft, die durch Ausbrennen verkocht und gehärtet wird, so daß ein glattwandiger Innenraum zur Aufnahme der Schmelze entsteht. Als Kathode dient der Boden, dem durch eine breite Kupferflasche der Strom zugeführt

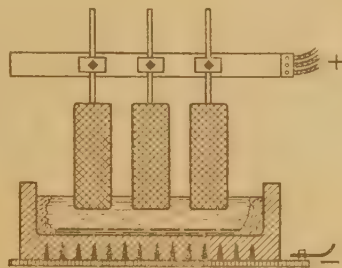


Fig. 4. Aluminium-Ofen.

wird, während von oben in entsprechendem Abstand voneinander die verstellbaren Anoden hinhängen. Ein solcher Ofen hat meist eine Kapazität von 7000—10 000 Ampère bei einer Stromdichte von 1 Amp. auf den Quadratzentimeter Badquerschnitt. Die Anoden müssen näher dem Boden als der Wandung stehen, so daß nach dieser kein Strom übergeht; diese überzieht sich mit einer festen Kruste des Schmelzgemisches und ist so vor dem Angriff des Bades geschützt, während der Boden durch das sich ansammelnde Metall geschützt bleibt, das nur von Zeit zu Zeit, mit eisernen Löffeln ausgeschöpft wird. Die Spannung, welche zur Zersetzung der Tonerde theoretisch etwa 4,3 Volt, des Kryoliths etwa 4,7 Volt beträgt, muß in Wirklichkeit höher, zwischen 7 und 10 Volt, gehalten werden, um, außer der Überwindung der verschiedenen Widerstände, die zur Flüssighaltung des Bades erforderliche Hitze zu liefern.

Man wird fragen, wie man die Bildung von Natrium bei der Elektrolyse verhindern könne, da doch der Kryolith neben 2 Atomen Al 6 Atome Na enthält. Tatsächlich hat eine solche Nebenelektrolyse anfangs Schwierigkeiten bereitet und zeitweilig unreines, natriumhaltiges Metall geliefert, aber allerdings auch offenbar den ersten kontinentalen Fabriken lange Jahre unliebsame Konkurrenz fern gehalten. Denn das Natrium

wirkt zerstörend auf die Kohlenwandung der Öfen ein, indem es sich in deren Rissen ausscheidet und diese allmählich auseinanderprengt.

Es war ein Hauptverdienst *Kilianis*, durch richtige Wahl der Stromdichte und gute Leitung der Stromlinien diese Schwierigkeit zu vermeiden gelehrt zu haben. Tatsächlich zeigt sich, daß beim sogenannten Heißgehen der Öfen Natrium entsteht, was darauf hindeutet, daß das Affinitätsverhältnis von Aluminium und Natrium zu Fluor sich bei höherer Temperatur umkehrt. Bei gemäßigter Temperatur wird stets nur AlF_3 zersetzt, sofern außerdem durch rechtzeitige Zugabe von Al_2O_3 für die Aufrechterhaltung des richtigen Verhältnisses zwischen Al und Na gesorgt bleibt.

Das Verfahren gestattet eine fast theoretische Stromausbeute (bis zu 94 %). Dies ist aber allerdings nur für kürzere Zeit zutreffend. Für längere Zeiträume, wie sie für die technisch-kommerzielle Kalkulation in Betracht kommen, kann man verschiedener Störungen und Betriebsaufenthalte wegen bei sehr gut geleiteten Betrieben mit etwa 80 % Ausbeute rechnen. Das macht bei einem Ofen von 10 000 Amp. Kapazität 64,8 kg Al in 24 Stunden und verlangt, 8 Volt Spannung angenommen, einen Kraftbedarf von rund 30 Kilowattstunden auf das Kilogramm Aluminium.

Um reines Metall von höchstens 0,5 % Verunreinigungen (hauptsächlich Silicium und Eisen) zu erhalten, muß man die Ausgangsmaterialien mit größter Sorgfalt reinigen und auch möglichst aschefreie Elektroden, z. B. aus Petroleumruß, verwenden.

Bis zum Kriege wurde die Tonerde fast nur aus *Bauxit* gewonnen, der sich in besonders großen Mengen in Südfrankreich (Dep. Var) findet und ein mit Kieselsäure (3—25 %) und Eisenoxyd (30 bis 2 %) sowie Titanoxyd verbundenes Aluminiumhydroxyd darstellt. Er wird durch Schmelzen mit Soda in großen Flammrohrdrehöfen oder durch Kochen mit Alkalilaugen unter Druck aufgeschlossen. Aus der hieraus erhaltenen Aluminatlösung wird die Tonerde entweder mittels Kohlen-säure oder durch Ausrühren mit frisch gefälltem Tonerdehydrat, wobei sich ein sehr viel aluminiumärmeres Aluminat in Lösung hält, ausgefällt, ausgewaschen und bei etwa 900° kalziniert, wodurch sie in wasserfreies Aluminiumoxyd von dichter, schwerer, nicht hygroskopischer Beschaffenheit übergeht. Bei den genannten Aufschlußverfahren läßt sich unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln ein Kieselsäuregehalt bis auf geringe Spuren vermeiden.

Man hat den Aluminiumfabriken in früheren Zeiten häufig den Vorwurf gemacht, daß ihre Ausdünstungen die Vegetation der Umgebung schädigen. Tatsächlich entweichen den Öfen neben verflüchtigter Tonerde und Kryolith, die sich oberhalb der Öfen, im Hallengerüst usw. niederschlagen, auch flüchtige, zum Teil schwer zersetzliche Fluorverbindungen, anscheinend (außer

dem durch Wasser leicht zersetzlichen Siliciumfluorid) Kohlenstofffluoride, die erst durch weitgehende Berieselung mit alkalischem Wasser zersetzt und zurückgehalten werden können.

Es ist schließlich von Interesse, zu erfahren, wie hoch heute das Aluminium den Fabriken selbst zu stehen kommt. Doch ist diese Berechnung mit vielen schwankenden Faktoren behaftet, als da sind Preis der Rohmaterialien, Höhe der Löhne, Kosten der Kraft (die selbst bei Annahme von Wasserkraft für verschiedene Gegenden Europas ganz bedeutend schwanken) und allgemeine Unkosten. Der französische Ingenieur *Lodin* hat 1909 für französische Verhältnisse und unter der Annahme einer sehr billigen Wasserkraft von 13 Francs für das Kilowattjahr die Gesteungskosten für 1 kg Aluminium auf 1,30 Francs (ohne Generalunkosten) angegeben. Rechnet man für die letzteren noch 15 Centimes (bei sehr großen Anlagen) hinzu, so ergibt sich ein Gesteungspreis von rund 1,16 Mark, der sich aber noch beträchtlich erhöhen muß, wenn man, wie dies für einige mitteleuropäische Fabriken notwendig ist, den 5—6 fachen Kraftbetrag (also etwa 25—30 Pfennig mehr auf das kg Al) einsetzt. Man kann dann verstehen, daß fortgesetzt Anstrengungen gemacht werden, die Herstellungskosten des Metalls noch weiter zu verbilligen, sei es durch Verbesserungen im Herstellungsverfahren, sei es durch Verbilligung der Ausgangsmaterialien.

In letzterer Hinsicht verdient ein, zuerst von *Serpelle* angegebenes, Verfahren Erwähnung. Es beruht auf der Überführung der natürlichen Tonerde, z. B. des Bauxits, sei es unmittelbar durch deren Erhitzung mit Kohle im Stickstoffstrom oder nach ihrer vorherigen Reduktion zu Ferroaluminium, in Aluminiumnitrid, das mit Wasser oder Alkalien in Tonerdehydrat bzw. Alkalialuminat und Ammoniak übergeht und so eine sehr reine kiesel-säure- und eisenfreie Tonerde liefert, die wegen der wertvollen Nebengewinnung von Ammoniak außerordentlich viel billiger zu stehen kommt als seither. Neuerdings scheinen übrigens auch die Bestrebungen aus dem natürlichen Ton, insbesondere dessen reinstem Vorkommen, dem Kaolin, reines, billiges Aluminiumoxyd zu gewinnen, von Erfolg gekrönt zu sein, was besonders für Deutschland wichtig ist, dem ausgiebige und reichhaltige Bauxitlager fehlen.

Nach den Angaben der Metallgesellschaft in Frankfurt a. M. ist die Weltproduktion von Aluminium von 8,2 Millionen Kilogramm im Werte von 19,3 Millionen Mark im Jahre 1903 bis auf 61 Millionen Kilogramm im Werte von 91,6 Millionen Mark im Jahre 1912 gestiegen. An dieser letzteren Menge ist die Schweiz mit Deutschland und Österreich zusammen mit 12 Millionen Kilogramm, Frankreich mit 13 Millionen, Norwegen mit 1,5 Millionen, die Vereinigten Staaten Nordamerikas mit 18 Millionen, Canada mit 8,3 Millionen, Großbritannien mit 7,5 Millionen und Italien mit 0,8 Millionen Kilogramm

beteiligt. Der Krieg hat den Bedarf und die Erzeugung von Aluminium wegen seiner wertvollen metallischen Eigenschaften außerordentlich gesteigert und fast in allen Kulturländern (Verein. Staaten, Kanada, Japan, England, Norwegen, Schweiz, Deutschland, Österreich) neue große Fabriken entstehen lassen. Die jährliche Welterzeugung wird bereits für 1917 auf 151 Mill. kg geschätzt und wird sich voraussichtlich nach dem Kriege gegen 1912 verdoppelt haben.

Von den übrigen Leichtmetallen hat noch keines technische Bedeutung gewonnen. Am ersten dürfte diese dem Beryllium zukommen, das gute Legierungseigenschaften zeigen soll. Von einer Produktion dieser Metalle kann man daher nicht sprechen; ihr Preis ist dementsprechend sehr hoch und wird zum Teil nach Gramm und Dezigramm berechnet.

Zur Entstehungsgeschichte des Adriatischen Meeres.

Von Ernst Nowak, Leoben.

Der Süden Europas ist ein junges Gebilde im Gegensatz zum alten, starren Norden. Die vielgestaltigen Umrisse des Mittelländischen Meeres sind Ergebnisse von Ereignissen der jüngsten Epochen. Unter ihnen nimmt die Auffaltung des alpinen Gebirgssystems den Schwerpunkt ein. Die alpinen Falten bilden heute die Grundzüge im Antlitz des südlichen Europa, sie haben im Jungtertiär die Umrisse der Thetis¹⁾ bestimmt, und auch heute noch geben sie das Grundgerüste für die Umrandung des Mittelmeeres. Aber noch jüngere Ereignisse waren es, die seine heutigen Küstenlinien schufen, die die Zerfransung des Südsaumes Europas in seine heutige Halbinsel und Inselwelt herbeiführten. Eine Zeit des Zusammenbruches, der Zerstückelung ist im Jungtertiär bis ins Quartär hinein als natürliche Reaktion der Epoche des gewaltigen Alpenaufbaues gefolgt. Längs großen Brüchen sanken Teile des südeuropäischen Festlandes zur Tiefe, und das Meer drang zwischen die stehengebliebenen Ruinen; in den großen Schüttergebieten des Mittelmeeres (Calabrien, Ägäische Inseln usw.) sind noch die Nachklänge jener gewaltigen Ereignisse fühlbar. Auch im Innern des heutigen Festlandes, vor allem der Balkanhalbinsel, finden wir allenthalben die Narben jener Einbruchsvorgänge. — Auch die Adria war bisher als ein solches gewaltiges Einbruchsbecken aufgefaßt und seine Entstehung in die jüngsten Zeiten verlegt worden. Aber wie es so häufig das Schicksal von vorwiegend auf Verallgemeinerung beruhenden Theorien ist, so vermag auch diese — soviel Wahrscheinlichkeit sie auch für sich hatte und so bestechend sie auch schien — der neueren For-

schung nicht standzuhalten; sie wird, wie im folgenden gezeigt werden soll, den Tatsachen schon seit langem nicht mehr gerecht.

Das *Adriatische Meer* gliedert sich in einen nördlichen Teil, die Flachsee, und einen südlichen, die Tiefsee, welche durch die gleichfalls tiefe Straße von Otranto mit dem Jonischen Meer kommuniziert. Besonders dem *nördlichen Teil* schrieb man bis vor kurzem eine in sehr junger Zeit, nämlich im Quartär, erfolgte Entstehung zu, und E. Sueß nahm, auf einer von Stur begründeten Theorie weiterbauend, an, daß die alte Küstenlinie der jungtertiären Adria von Stagno am heutigen dalmatinischen Festland über Lagosta, Pelagosa und die Tremitiinseln zum apenninischen Festland hinüberführte (s. Karte S. 933). Diese Anschauung gründete sich vor allem darauf, daß nördlich dieser Linie Neogen (Jungtertiär) in mariner Entwicklung nirgends bekannt war. Als jedoch von Tellini auf den Tremitiinseln *Pliozän* (also jüngstes Tertiär) in *pelagischer Entwicklung* aufgefunden wurde, mußte diese alte Küstenlinie und damit eine Hauptstütze der Theorie eines noch zur Pliozänzeit existierenden und erst im Quartär *nieder- gesunkenen nordadriatischen Festlandes* fallen. — Bohrungen in Venedig und Grado haben noch in den größten Tiefen des hier sehr mächtigen Alluviums Schichten mit marinen Konchylien ergeben, was gleichfalls der Annahme einer größeren Ausdehnung des Festlandes während der quartären Vergangenheit widerspricht. Trotz der bedeutenden Senkung, welche tatsächlich das Gebiet hier — wie die tiefe Lage der diluvialen Sedimente unter dem heutigen Meeresspiegel verrät²⁾ — seither ergriffen hat, vermag die ungeheure Sedimentation der Alpenflüsse im Diluvium und heute diese dennoch mehr als wettzumachen, so daß der Verlandungsprozeß, wie das historische Daten erweisen, immer weitere Fortschritte macht. Der seichte Golf von Venedig stellt so kaum eine untergetauchte Poebene, sondern einen durch Flußsedimentation langsam in Ausfüllung begriffenen Meeresteil dar.

Stehen uns in der nördlichsten Adria nur geologische Tatsachen als Beweise für den im Quartär statthabenden *Senkungsvorgang* zur Verfügung, so prägt er sich an der *dinarischen Küste* auch *morphologisch sehr deutlich* aus. Hier im dinarischen Gebirge, wo die diluviale Vergletscherung eine nur untergeordnete Rolle spielte und sich daher die eiszeitliche Aufschüttung der Flüsse in nur bescheidenen Grenzen hielt, wo heute in den ungeheuren Karstgebieten die fluviale Erosion gegenüber der chemischen Verwitterung (Korrosion) ganz in den Hintergrund tritt und daher die Sedimentmengen, welche die wenigen kleinen Flüsse ins Meer hinaustragen, im Verhältnis zu denen der Alpenflüsse ver-

¹⁾ Der Vorläuferin des heutigen Mittelmeeres, das in bedeutend größerer Ausdehnung schon während des mesozoischen Zeitalters bestanden hat.

²⁾ In Venedig hat man bis in 172,5 m nur Alluvium angetroffen, in Grado hat man endlich in 211 m den fluvioglacialen Isonzoschotter erreicht (nach Grund).

schwindend klein sind, hier sehen wir in den Küstenformen klar und sinnfällig *das sinkende Land*. Mit Recht wird die dalmatinische Küste als der morphologische Typus der Senkungsküste hingestellt³⁾. Ihre Gestalt ist, wie *Cvijc* sie kurz charakterisiert, streng von den Festlandsformen abhängig: Sie ist durch die Projektion einer bestimmten Isohypsenfläche, und zwar jener, bis zu welcher eben der Senkungsvorgang vorgeschritten ist, auf das Meeresniveau bestimmt. So erscheinen uns die ertrunkenen Flußtäler als schmale, gewundene Meeresbuchten, die versunkenen Berge mit ihren Sätteln und Mulden als ein Gewirr von Inseln und Kanälen. Grund hat uns an den unter das Meeresniveau hinabtauchenden fluvioglacialen Schotterterrassen der Narenta und ihrer nacheiszeitlichen Lößbedeckung gezeigt, daß die Landsenkung seit dem Diluvium anhält. Die in Istrien und Dalmatien über den heutigen Flußtälern auftretenden weiten Verebnungsflächen, deren Entstehung von Grund und Krebs in das Miozän, also das ältere Jungtertiär, verlegt wird und in welche dann infolge einer Neubelebung der Erosion in der Pliozänzeit die heutigen Canons eingeschnitten wurden, weisen darauf hin, daß die quartäre Senkung eine noch im jüngsten Tertiär stattgehabte bedeutende Hebung abgelöst hat.

Der morphologische Charakter der Senkungsküste hält längs des ganzen dalmatinischen Gestades an; hier finden wir auch nirgends jüngere marine Sedimente über das Meeresniveau emporgehoben⁴⁾. Der montenegrischen Küste fehlen bereits die Inseln und die reiche Gliederung, und im Hintergrund der Bucht von Dulcigno treffen wir das erste Mal auf jungtertiäre Schichten in mariner Entwicklung: Mittleres Miozän als Küstenbildung entwickelt (entsprechend den Leithakalkbildungen des Wiener Beckens) sehen wir hier bis über 100 m über den Meeresspiegel emporreichen und die hohe, steile Felsterrasse, auf der sich das alte Kastell erhebt, zusammensetzen; die Schichten sind etwa 20° gegen das Meer geneigt. Wir müssen daher hier postmiozän wirksame Vorgänge annehmen, welche die Miozänablagerungen zum Auftauchen gebracht haben. Dadurch gelangt hier die miozäne und die rezente Küstenlinie zum Schnitt, und wir betreten gegen S hin ein Gebiet, in welchem die miozäne Adria

nach Osten hin größere Ausdehnung besaß als die heutige.

An der Bojanamündung, am Südende Montenegros, vollzieht sich ein durchgreifender Wechsel im Charakter der adriatischen Ostküste; gleichzeitig richtet sich ihr bisheriges NW-SE-Streichen in scharfem Knick gegen S. Es herrscht nun bis an die Bucht von Valona, an das Vorgebirge von Akrokeraunien — das ist also bis zum Eingang in die Straße von Otranto und damit in das Ionische Meer —, der Küstentypus, den *Cvijc* als den albanischen bezeichnet hat. Er entspricht fast durchaus dem einer Flachküste; nur auf kurze Strecken treten niedrige Hügelrücken, Vorgebirge bildend, an das Meer heran. Sonst ist sie von Dünenstreifen, Nehrungen, Lagunen und versumpften Ebernen begleitet. Mehrere sedimentreiche Flüsse sind daran, Deltas ins Meer hinauszubauen, zwischen denen die Küste in flachen Bögen zurücktritt. Überall Anzeichen einer kräftig fortschreitenden Verlandung. Wir stehen nun vor der Frage: Ist sie nur eine Aufschüttungserscheinung, nur auf die reiche Sedimentzufuhr der Flüsse zurückzuführen, oder sind epirogenetische Bewegungen (säkuläre Hebung des Festlandes) die Ursache? Die fortschreitende geologische Erkenntnis von Albanien in letzter Zeit gibt eine entschiedene Antwort in letzterem Sinne. Es hat sich erwiesen, daß bis tief ins Landinnere hinein die jüngsten Tertiärschichten den wesentlichsten Anteil am Aufbau des albanischen Hügellandes haben. Am Grabapaf, mehr als 30 km von der heutigen Küste entfernt, trifft man noch pliozäne Ablagerungen in über 600 m Meereshöhe. Aus dem Hinterland der Bucht von Valona sind jungpliozäne Bildungen mit reicher mariner und brackischer Fauna schon seit langem (seit der Untersuchung der bitumenführenden Ablagerungen von Selenica durch den französischen Forscher *Coquand*) bekannt und die jüngsten Forschungen (der italienischen Geologen *Del Piazz-De Toni* und des Verfassers) haben ergeben, daß die analogen Schichten, deren Bildung vielleicht zum Teil ins Quartär hinaufreicht, alle die küstennahen, weit über 100 m erreichenden Hügelketten von der Matimündung (südlich Alessio) bis nach Valona zusammensetzen. An den westlichsten Ausläufern der Malacastra (der Berglandschaft nördlich des Vojusaflusses) traf ich die jüngsten marinen Tertiärschichten in über 300 m. So stehen wir vor unumstößlichen geologischen Tatsachen, welche eine bedeutende gegen das Landinnere an Ausmaß zunehmende Hebung des albanischen Festlandes seit der Ablagerung der jüngsten Tertiärschichten dartun. Wir müssen uns zu Beginn der Neogenepoche das ganze heutige Niederalbanien unter der Herrschaft der Adria denken; damals gab es keine „albanische Küste“ im heutigen morphologischen Sinne, sondern im ununterbrochenen dinarischen Streichen verlief die alte Steilküste dort, wo der Rand des gebirgigen heutigen Inneralbanien liegt.

³⁾ *De Stefani* hat es zu leugnen versucht, daß die dalmatinische Küste ihre charakteristische Gestaltung einer Landsenkung zu verdanken hat und will sie nur als Wirkung der marinen Abrasion in Verbindung mit der chemischen Korrosion erklären. Während er mit Recht auf die nicht zu bezweifelnden Hebungsercheinungen an anderen Teilen der Adriaküste hinweist, verfällt er offenbar in denselben Fehler der Verallgemeinerung, wie ihn in entgegengesetztem Sinne die Senkungstheorie begangen hat.

⁴⁾ Vereinzelt sehr beschränkte Vorkommen marinen Quartärs in einigen dalmatinischen Buchten können unmöglich zu einem Gegenbeweis herangezogen werden, sondern sind nur der Ausdruck geringer lokal beschränkter Niveauschwankungen.

In tiefen Buchten und wahrscheinlich zwischen langgestreckten Inseln griff damals die Adria im Süden und Osten der heutigen Bai von Valona zwischen den Jonischen Gebirgsketten ein. Im Verlauf der jüngeren Tertiärepochen wich der Küstensaum immer weiter nach Westen zurück, es tauchte allmählich das heute von Hügelland eingenommene Niederalbanien aus den Fluten empor, aber nicht als zusammenhängende, einseitig geneigte Küstenebene, sondern wahrscheinlich unregelmäßig, in flachen Inseln und Halbinseln, die zwischen sich Kanäle, Lagunen und Brackwasserseen einschlossen. Das lehrt nicht nur das Studium der Faciesverhältnisse des niederalbanischen Jungtertiärs, sondern auch zahlreiche morphologisch-tektonische Beobachtungen: *In Faltenwellen hebt sich das Land auch heute noch aus der Tiefe.* Erst vor kurzem ist durch die schon genannten Geologen einer italienischen Studienkommission auf den bedeutsamen Umstand hingewiesen worden, daß die Lagerung des niederalbanischen Tertiärs bis in seine jüngsten Glieder gestört ist⁵⁾; die Schichtenprofile lassen — so wie die italienischen Forscher es zeichnen — einen welligen Faltenbau im Neogen erkennen. Meine sich über ganz Niederalbanien erstreckenden Beobachtungen haben nicht nur die allgemeine Gültigkeit des Satzes, daß das Pliozän in Albanien ebenso wie in Griechenland gefaltet ist, erwiesen, sondern ich konnte noch viel intensivere Schichtstörungen, als die italienischen Profile es vermuten lassen, feststellen und vor allem auf Grund morphologischer Tatsachen zu dem Ergebnis gelangen, daß die *tektonischen Vorgänge bis zum heutigen Tage anhalten und mit der allgemeinen Hebungserscheinung in untrennbarem genetischen Zusammenhange* stehen. Diese letztere äußert sich morphologisch in dem Auftreten von Fluß- und Strandterrassen⁶⁾, andererseits zeigen nicht nur die Großformen der Oberfläche strenge Abhängigkeit vom tektonischen Bau, sondern auch die Entwicklung der Flüsse und ihre heutige Tätigkeit steht deutlich unter dem andauernden Einfluß der tektonischen Vorgänge. Schließlich deutet auf die heute noch aktive Tektonik auch der Umstand hin, daß der niederalbanische Landstreifen eine bekannte Bebenzone ist.

Sehr bedeutungsvoll für die Vorstellung vom Mechanismus dieser Vorgänge ist es, daß im albanischen Küstengebiet auch lokale Senkungserscheinungen nachgewiesen sind. So in der

⁵⁾ Bis dahin hielt man im allgemeinen die Lagerung des albanischen Pliozän für ungestört; auf dieser Anschauung fußt noch *Vetters*, und *Frech* gründete auf diesen vermeintlichen Unterschied gegenüber dem stark gestörten griechischen Pliozän zum Teil seine Darstellung von der Entwicklungsgeschichte der süd-osteuropäischen Halbinsel.

⁶⁾ Eine sehr schön entwickelte, wahrscheinlich obermiozäne Strandterrasse beobachtete ich am Ml. Dajtit-Hang bei Tirana in über 1100 m Meereshöhe! — *Dal Piaz* und *De Toni* sowie *Almagia* (der Geograph der italienischen Studienkommission) berichten von quartären Strandterrassen bei Valona in über 100 m.

Ebene von Tirana und Elbasan, wo die Flußerosion ruht und die Neogensichten unter mächtigen Alluvien begraben liegen. — Dagegen gehört das Skutari-See-Becken mit der Drinebene schon dem dalmatinisch-montenegrinischen Senkungsgebiet an und bildet dessen südlichsten Anteil. Abgesehen vom morphologischen Gepräge der „ertrinkenden Landschaft“, das hier sehr deutlich in die Augen fällt, läßt sich auch nach historischen Daten das andauernde Absinken des Landes hier einwandfrei feststellen. Daß dieser Senkungsvorgang keinen ursächlichen Zusammenhang mit der Entstehung der Adria hat, zeigt der Fund von marinem Pliozän, den *Vetters* am östlichen Seeufer in nicht unbeträchtlicher Höhe [etwa 80 m⁷⁾] über dem heutigen Wasserspiegel gemacht hat. Diese Entdeckung brachte auch den endgültigen Beweis, daß die erste Anlage des Skutaribeckens zumindest in vorpliozäne Zeit hineinreicht und keineswegs mit den heute beobachteten Senkungserscheinungen, die erst in spät-diluvialer Zeit eingesetzt haben können⁸⁾, in Zusammenhang steht. Wir sehen also, daß die rezente Senkung auch hier wie in Dalmatien einer Zeit bedeutender Hebung folgte. Aber während Dalmatien im Neogen Festland war und wir die Hebungsphase daher dort nur aus morphologischen Tatsachen erschließen konnten, brachte sie hier die Ablagerungen des ursprünglich mit dem offenen Meer in Verbindung stehenden pliozänen Skutaribeckens zum Vorschein. Derselben Hebungsphase verdankt wahrscheinlich auch das Miozän von Dulcigno seine Angliederung an das Festland. Der Hebungs Vorgang reichte offenbar je weiter nach Süden in desto jüngere Zeiten hinein: Grund versetzt die Erosionsphase der dalmatinischen Flüsse ins Pliozän, in Montenegro (Skutari-see) muß man sich die Hebung übers Pliozän hinaus andauernd vorstellen, und in Mittel- und Südalbanien sehen wir sie noch heute in Wirklichkeit.

Betrachten wir nun die *apenninische Küste* des Adriatischen Meeres, so merken wir in den allgemeinen Zügen eine Ähnlichkeit mit jener Albanien. Auch hier eine Flachküste ohne Gliederung und ohne vorgelagerte Inseln. In ihrem nördlichen Teil (nördlich des Mte. Gargano) ist sie von einem breiten Streifen Hügellandes begleitet, der gegen das Landinnere zu an Höhe zunehmend, eine Vorzone des Apennin bildet und in seinem morphologischen Charakter jenem Niederalbanien gleicht. Die Flüsse sind denen

⁷⁾ Sie ist immerhin bedeutend geringer als in Südalbanien und veranschaulicht somit deutlich das Absinken der Pliozänniveaufläche gegen NE, worauf wir noch eingehend zurückkommen werden.

⁸⁾ Das lehren auch die Beobachtungen von *Cvijić* und man muß der Behauptung dieses Forschers von der sehr jugendlichen Entstehung des heutigen Skutari-see insofern vollkommen recht geben. Aber auch hier ist eben scharf zu trennen zwischen der Herausbildung der heutigen Zustände und der ursprünglichen Anlage.

Albaniens gegenüber unscheinbar und von geringer Lauflänge und bauen daher nur kleine stumpfe Deltas ins Meer. Wichtig ist jedoch, daß das Hügelland gegen das Meer zu von einem 50—100 m hohen Kliff begrenzt und durch einen 200—300 m breiten sandigen Streifen von ihm getrennt wird. Dies zeugt für eine rezente Hebung. Dafür sprechen auch die Flüsse, welche neubelebt ihre breiten alten Talböden in Terrassen verwandelt haben. Das Hügelland ist aus neogenen Schichten aufgebaut. Am Nordostrand des Apennin reicht das Pliozän bis 600 m Höhe empor. Eine gewaltige, mindestens diesen Betrag erreichende Hebung muß daher die apenninische Küste der Adria seit der Ablagerung des Pliozäns ergriffen und das Meer zum Aufgeben eines großen Areals gezwungen haben. Die durch die erwähnten morphologischen Tatsachen zum Ausdruck kommende jüngste Hebung kann somit nur als Wiederbelebung eines nur auf vorübergehende Zeit zur Ruhe gekommenen, sonst durch das ganze Quartär stattgehabten gewaltigen Hebungsvorganges angesehen werden.

Die Betrachtung der geologischen und morphologischen Verhältnisse an den Adriaküsten zeigt uns, daß das Adriatische Meer während der Quartärzeit eine eigenartige Umgestaltung erfahren hat, deren Wesen jedoch keineswegs im Einbruch seines nördlichsten Teils, sondern in einer *Verbiegung und Schiefstellung der alten Niveauflächen* besteht. Das Auftauchen der jüngsten marinen Tertiärbildungen an der apenninischen und albanischen Küste einerseits, das Versinken diluvialer Schotter am Rande der italienischen Tiefebene und an der dalmatinischen Küste andererseits lassen als Gesamtergebnis der quartären Niveauveränderungen im adriatischen Gebiet eine Schiefstellung des Pliozänniveaus im Sinne einer Hebung im Südwest gegenüber einer Senkung im Nordost erkennen, wobei der Betrag der Hebung jenen der Senkung wahrscheinlich um ein Mehrfaches übertrifft. Die heutigen Küstenformen wie Beobachtungen in historischer Zeit zeigen uns, daß die in dieser Richtung wirkenden Vorgänge bis heute andauern. Das Dinarsche Gebirge löst sich immer mehr in einen Inselarchipel auf, während der Apennin zu einer immer breiteren Festlandsmasse wird; die Adria verschiebt sich gleichsam von Südwest nach Nordost und verliert im Südost durch das Aufsteigen Albaniens an Areale.

Alle diese Tatsachen hat *Grund* erkannt und damit die Theorie von einem nordadriatischen Festland im Quartär und dessen erst in jüngster Zeit erfolgten Einbruches verwerfen müssen. Während er sich damit die heutigen Umriss des Adriatischen Meeres durch Niveauverbiegungen im Quartär entstanden denkt, basiert er noch auf der Anschauung, daß das adriatische Becken als solches in seiner ursprünglichen Anlage ein jungtertiärer Einbruch ist. Er bringt denselben mit den an den Verebnungsflächen in Dalmatien und

Istrien beobachteten posthunen Störungen in Zusammenhang.

Welches sind nun die Gründe, die zu einer derartigen Auffassung der Entstehung des Adriabeckens führten? Zunächst waren es Pflanzeinschwemmungen und sonstige auf Landnähe hindeutende Vorkommen in den Oligozänablagerungen (jüngere Alttertiär) am Südrand der Alpen, die *Mojsisovics* zu der Vermutung führten, daß an Stelle der Adria noch am Ausgang des Alttertiärs eine große Landmasse bestanden habe. Die großen im Jungtertiär gebildeten „periadriatischen“ Brüche, welche die Innenseite des Alpenbogens begleiten, und die mitteleozäne Auf-faltung des Apennin wurden mit dem Verschwinden dieser hypothetischen Landmasse in genetischen Zusammenhang gebracht — eine Anschauung, der vor allem *Suess* weiten Eingang verschaffte. — Dann dürften wohl Analogieschlüsse mitgespielt haben: tatsächlich ist ja, wie schon eingangs auseinandergesetzt, der Südosten Europas ganz wesentlich von sehr jungen Einbrüchen beherrscht. Es war demnach von vornherein naheliegend, anzunehmen, daß auch die Entstehung des adriatischen Beckens durch einen Einbruch bedingt sei, um so mehr als die Küstenlinie mehrfach wirklich durch Brüche vorgezeichnet zu sein scheint⁹⁾. Aber während man die große Bruchperiode, die z. B. die ägäische Inselwelt und die griechischen Küsten geschaffen hat, an die Wende des Tertiärs und Quartärs verlegen mußte, zeigte es sich, daß die jüngsten Störungen im Dinarischen Gebirge in eine ältere Zeit — nach *Grund* zwischen Mio- und Pliozän — zu verlegen sind¹⁰⁾. Aber auch der *Charakter* der Dislokationen erweist sich verschieden insofern, als in der Ägäis ein System von Kreuz- und Querbrüchen herrscht, während man im adriatischen Gebiet vorwiegend streichende Verwerfungen annehmen mußte, demgemäß auch das Oberflächenbild in beiden Gebieten ein sehr abweichendes ist.

Der morphologische Charakter der dalmatinischen und montenegrinischen Steilküste mag neben den tatsächlich beobachteten, dem Verlauf der Küste entsprechenden Dislokationen die Anschauung vom Einbruchescharakter der Adria gefördert haben. Man übertrug dann dieselbe ohne weiteres auch auf die albanische Küste, obwohl diese weder morphologisch noch geologisch irgendwelche Anhaltspunkte in dieser Richtung bietet. Noch weniger läßt sich ein Bruchcharakter an der apenninischen Küste feststellen, die, wie wir gesehen haben, sich allmählich aus dem Meere heraushebt. Man hätte demnach überhaupt nie an einen grabenförmigen, sondern höchstens an

⁹⁾ So brechen z. B. die Falten Mitteldalmatiens zwischen Sebenico und Spalato am offenen Meere ab.

¹⁰⁾ Nur den Einbruch des hypothetischen nordadriatischen Festlandes nahm man als ungefähr gleichaltrig mit den griechisch-ägäischen Brüchen an, da man Anhaltspunkte für die quartäre Existenz dieses Festlandes gefunden zu haben glaubte (vgl. das früher darüber gesagte).

einen einseitigen Einbruch denken können — oder einen vollkommen hypothetischen Parallelbruch im Bereich des heutigen Meeres annehmen müssen. Aber weder das eine noch das andere findet in der Konfiguration und den Tiefenverhältnissen des Adriabeckens eine Begründung. Als stehengebliebene Reste der alten adriatischen Festlandsmasse, durch deren Niederbrechen sich die Adria gebildet haben sollte, hätte man im Westen nur — wie das auch geschehen ist — den Mte. Gargano und die Apulische Tafel ansehen können, welche tatsächlich ohne organischen Zusammenhang mit dem Apennin dem Körper der Halbinsel anhängen. Doch gerade hier fehlt wiederum der Bruchcharakter an der albanischen Gegenküste; erst das Akrokeraunische Vorgebirge (Karaburun) am Eingang in das Jonische

nieder-albanischen Tertiär ergeben, daß hier, also im engsten adriatischen Gebiet, eine ununterbrochene Sedimentationsfolge von der Kreidezeit bis in das jüngste Tertiär hinaufreicht¹¹⁾. Es kann sich somit kein zusammenhängendes Festland an Stelle der heutigen Adria während des Tertiärs befunden haben, das Adriatische Meer ist vielmehr eine alte Anlage, ein Gebiet langanhaltender Sedimentation —, das, was wir eine Geosynklinale nennen¹²⁾. Seine Entstehung als solche, als Synklinale (Mulde) im tektonischen Sinn muß bereits in die Zeit der ersten Auf-faltung der Apenninen und Dinariden zurück-versetzt werden und ist mit diesen Ereignissen ursächlich verknüpft. Seither entwickelt es sich mehr und mehr zu einem geschlossenen Becken und schrumpfte allmählich zu seiner heutigen Ge-



Meer könnte man als ihre Fortsetzung ansehen, was aber nur auf den Bruchcharakter der Straße von Otranto hinweisen würde.

Wir sehen aus diesen Erörterungen, daß die Theorie von der Entstehung der Adria durch tektonischen Einbruch zur Zeit des Jungtertiärs sich niemals fest auf Beobachtungsmaterial stützen konnte, sondern im wesentlichen auf Verallgemeinerung einiger Einzelbeobachtungen und weitgehende Kombination gegründet war. —

Nachdem marines Miozän aus Albanien schon seit den Forschungsreisen Boués, ein vereinzelter Oligozänvorkommen durch Dreger aus der Gegend von Korca (später auch solche aus dem benachbarten Mazedonien und Thessalien) bekannt waren, haben nun meine Untersuchungen im

stalt zusammen. In Südalbanien sehen wir die Jonischen Ketten aus dem Boden der großen adriatischen Synklinale noch heute emportauchen;

¹¹⁾ Die von Dal Piaz und De Toni und früheren Forschern beobachteten Transgressionen des Neogens über Eozän haben nur lokalen Charakter und sind auf vorübergehende Oszillationen des Meeresspiegels zurückzuführen; diese äußern sich auch in der Ausbildung der Sedimente: so muß im Oligozän eine bedeutende Hebung das im Osten aufragende Grünsteinland ergriffen und das Meer etwas zurückgedrängt haben, doch schon im Untermiozän (wahrscheinlich bereits Aquitanien) flutete das Meer neuerlich vor und transgredierte so randlich die Eozänablagerungen.

¹²⁾ Diese Anschauung hat, soweit mir bekannt ist, bisher nur De Stefani ausgesprochen, allerdings ohne sich noch auf so weitgehendes Beweismaterial stützen zu können.

neue Faltenzüge gliedern sich hier dem Festlande an, immer weiter das Meer zurückdrängend. Nur die Straße von Otranto hält gegen Süden zu die Verbindung mit dem Mittelmeer offen. In ihr treten wir bereits in das Gebiet der jungen jonischen Brüche ein. Ihre bedeutende Tiefe und der jähe Absturz der Festlandssockel zu ihr läßt ihren Einbruchsscharakter erkennen; sie öffnete wahrscheinlich erst im Quartär den Ausgang zum Jonischen Meer. Das Südende des adriatischen Beckens liegt nicht hier, sondern in Südalbanien. Die tertiäre Adria war gegen Westen hin geöffnet, wo der Apennin erst allmählich aus einem Inselarchipel zu einem Festland sich zusammenschloß. Erst mit dem Ende der Pliozänzeit ging die Verbindung nach Westen mit dem Mittelmeer verloren. Vielleicht war die Adria dann eine kurze Zeit geschlossen — ein großer Brackwassersee; wenigstens könnte die sowohl am Apennin wie in Albanien in den obersten Pliozänschichten (= Astistufe) so weit verbreitete Brackwasserfauna darauf hindeuten.

Der Schrumpfung der Adria arbeiten seit dem Diluvium die Senkung der nordadriatischen und dalmatinischen Küste entgegen. Diese Senkung wird im Mündungsgebiet der Alpenflüsse durch eine überreiche Sedimentation wettgemacht, so daß hier kein Areal an das Meer verloren geht; im Bereich der kleinen sedimentarmen dalmatinischen Flüsse dagegen ist das Meer im Vordringen. Ob die Senkungserscheinung nur eine vorübergehende Episode innerhalb des allgemeinen Schrumpfungsvorganges der Adria darstellt oder ob sie eine neue Ära in ihrer Entwicklungsgeschichte einleitet, diese Frage muß unbeantwortet bleiben; der Spekulation bieten sich hier weite Gefilde.

Ohne uns auf solche spekulative Erwägungen einzulassen, können wir zusammenfassend folgende auf tatsächliche Beobachtungen gestützte Hauptmomente in der Entwicklungsgeschichte der Adria festlegen:

1. Das adriatische Becken entstand in seiner ursprünglichen Anlage nicht durch Niederbrechen eines an seiner Stelle bestandenen Festlandes, sondern durch allmähliche Abtrennung vom Mittelmeer Hand in Hand mit der Auffaltung der Apenninen.
2. Das Gebiet der heutigen Adria stand zum großen Teil während des ganzen Tertiärs unter der Herrschaft des Meeres —, es ist eine Geosynklinale.
3. Bis zum Beginn der Pliozänzeit war die Präadria gegen Westen hin gegen das Gebiet der heutigen Apenninenhalbinsel zum Mittelmeer geöffnet. Durch bedeutende Hebung der umliegenden Länder schrumpfte seit der Pliozänzeit das Areal des adriatischen Beckens immer mehr zusammen.
4. Seit dem Diluvium vollzieht sich infolge Senkung der nordadriatischen und dalmatinischen Küste bei anhaltender Hebung der apenninischen und albanischen Küste eine Schiefstellung des Niveaus nach Nordosten, was eine Verschiebung der Adria in dieser Richtung zur Folge hat; diese Vorgänge bedingen die heutigen Umrisse und den Küstencharakter des Adriatischen Meeres.

5. Die Verbindung der Adria mit dem Jonischen Meer ist wahrscheinlich jung (quartär) — die Straße von Otranto ein mit den jonisch-griechischen Brüchen gleichaltriger Graben.
6. Das Südende der Uradria lag im heutigen Südalbanien; hier hebt sich der Boden der adriatischen Synklinale faltend empor.

Die wichtigste Literatur:

- Suess, E., Das Antlitz der Erde; Wien-Leipzig 1897 bis 1909.
 Cvijic, Die Dinarisch-albanische Scharung; Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien CX (1901).
 Vettiers, Geologie des nördlichen Albanien; Denkschr. Ak. d. Wiss. Wien (1906).
 Grund, Die Entstehung und Geschichte des Adriatischen Meeres; Geogr. Jahrb. aus Österr. VI (1907).
 De Stefani, Géotectonique des deux Versantes de l'Adriatique; Ann. Soc. Géol. Belg., Liège XXXII (1908).
 Frech, Geologische Forschungsreisen in N-Albanien nebst vergleichenden Studien über den Gebirgsbau Griechenlands; Mitt. Geogr. Ges. Wien XLII (1909).
 Dal Piaz-De Toni-Almagia, Relazione della Commissione per lo studio dell'Albania, p. 1 (Studi Geol. e Geogr.). Atti soc. It. per il progr. delle sc., Roma 1915.
 Ernst Nowak, Bericht über die vorläufigen Ergebnisse von geol. Aufnahmen in Albanien; Verh. d. C. R. A., Wien 1919.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Theorie der Erregungsleitung im Nervensystem

möchte ich mir im Anschluß an die in Heft 36/37 dieser Zeitung erschienene Arbeit, Thörners: „Die Grundlagen der Erregung und Erregungsleitung in der lebendigen Substanz“, der Veröffentlichung einer eingehenden Arbeit vorgreifend, einige Bemerkungen gestatten.

Mag man sich die Erregungsleitung im Nervensystem von Querschnitt zu Querschnitt mit Thörner u. a. als elektroosmotisch oder nach der Kernleitertheorie von Hermann verlaufend vorstellen: stets bleibt bei diesen Anschauungen eine große prinzipielle Schwierigkeit. Bei aller Spezifität der Fibrillen geht diese zum mindesten im sensiblen Anteile des Nervensystems und jedenfalls auch im Zentralnervensystem nicht so weit, daß in jeder Fibrille nur eine einzige und keine andere Reaktion der sie aufbauenden Moleküle sich abspielen könnte. Vielmehr leiten z. B. die Fibrillen des Sehapparates sicherlich Erregungen, die den verschiedenen Farben entsprechen, also auch in verschiedenen Reaktionen bestehen müssen, und eine mindestens gleiche Vielseitigkeit ist den zentralen Fibrillen zu konzedieren. Es ist unter diesen Umständen nicht abzusehen, wie ein genereller intranervöser Reiz, wie es ein elektrischer ist, als eine spezifische Erre-

gung bei mehrfacher Reaktionsmöglichkeit der Moleküle hervorruhend betrachtet werden kann. Allenfalls wäre an eine strenge Lokalisierung und Orientierung im Raume bei den Molekülen zu denken, wogegen aber eine Reihe gewichtiger Tatsachen spricht.

Nur die Annahme hochspezifischer intranervöser Reize, die als solche nur hochspezifische Reaktionen von Molekül zu Molekül auslösen vermögen und dabei durch die elektrischen Erscheinungen vielleicht unterstützt werden, hilft über die kurz skizzierten Schwierigkeiten hinweg.

Ich glaube, daß eine genaue Vergegenwärtigung des Mechanismus der chemischen Reaktionen in ihren letzten Einzelheiten, wie sie heute wenigstens grundsätzlich die moderne Atomtheorie ermöglicht, auf die Spur solcher hochspezifischer Reize leitet, und zwar ohne daß es nötig ist, irgendwelche Hypothesen heranzuziehen.

Die Bildung eines Moleküls und seine Zertrümmerung, d. h. jeden chemischen Vorgang muß man nach dem heutigen Stande des Wissens, so wenig auch noch über die Konstitution der komplizierter gebauten Atome bekannt ist, ganz allgemein so verlaufend sich vorstellen, daß Elektronenringe der beteiligten Atome verschmelzen oder sich aus einer Verschmelzung, d. h. Einpassung in eine gemeinsame Bahn um zwei oder mehrere Kerne, lösen. Eine solche Verschmelzung oder Lösung aber bedeutet unter allen Umständen die plötzliche Änderung der Geschwindigkeit von Elektronen nach Größe und Richtung, die als solche notwendig mit der Entsendung einer elektromagnetischen Schwingung in den Raum verbunden sein muß, die dem Quantengesetz allerdings kaum unterworfen sein dürfte. Die folgerichtige Durchdenkung der elementaren Vorgänge bei chemischen Reaktionen führt so zu dem Schluß, daß überhaupt keine Reaktion möglich ist, ohne eine Reaktionsstrahlung, die eine um so höher spezifische Struktur besitzen muß, um je kompliziertere Reaktionen und Moleküle es sich im Einzelfalle handelt, und eben deswegen für jede Reaktion absolut charakteristisch ist.

Wegen der spezifischen Struktur und des dadurch bedingten allgemeinen Fehlens von Resonatoren können uns und unseren Instrumenten nur ausnahmsweise solche Reaktionsstrahlungen bemerkbar werden, wenigstens solange man nicht systematisch nach ihnen sucht. Es kann das nämlich nur dann der Fall sein, wenn die betreffende Strahlung in ihrer Struktur und Wellenlänge ungefähr irgendwelchen Lichtschwingungen entspricht, wo sie uns dann aber auch eben als Licht erscheinen müssen. Die verhältnismäßige Seltenheit der Chemilumineszenz bei komplizierten Reaktionen, allgemein bekannt in den Leuchterscheinungen der Tiere und Pflanzen, soweit letztere hier heranzuziehen sind, findet damit ihre Erklärung (vgl. Trautz, Haber, Just u. a. m.), da diese nur ein Sonderfall der allgemeinen Reaktionsstrahlung ist. Die in den Leuchtorganen der Tiere stark wirksamen Substanzen stehen meistens in einem engen genetischen Zusammenhange mit dem Nervensystem. Die Annahme einer relativ sogar recht energiereichen Strahlung speziell der Nervensubstanz wird damit wahrscheinlich gemacht. In gleicher Richtung weisen die Untersuchungen von Radzidzewsky (Über die Phosphoreszenz der organischen und organisierten Körper, Liebigs Annalen der Chemie Bd. 203), welcher bei langsamer Oxydation von Terpenen und Lezithinen in alkalischen Medien deutlich wahrnehmbares Selbstleuchten, also gleichfalls eine Chemilumineszenz erheblichen Grades nachwies, sowie die allgemeine Verbreitung der Chemi-

lumineszenz bei Einwirkung von Oxydationsmitteln und Halogenen auf NH_3 - und P-Derivate usw.¹⁾.

Gibt man die Möglichkeit einer relativ energiereichen Reaktionsstrahlung der lebenden nervösen Substanz aber zu, wenn sie uns auch nicht ohne weiteres bemerkbar wird, so ist damit zugleich der gesuchte hochspezifische intranervöse Reiz, der für die Fortpflanzung der Erregung von Molekül zu Molekül verantwortlich gemacht werden kann, ohne weiteres mitgegeben. Denn jedes nervöse Molekül zusammen mit der seine Zustandsbedingungen ausmachenden molekularen Nachbarschaft, insbesondere den in der Nähe befindlichen, bei eintretender Reaktion mit eingreifenden Ionen, bildet ein schwingungsfähiges System, dessen Schwingung eben die Reaktion ist. Es muß mithin resonatorisch auf seine Eigenschwingung ansprechen, d. h. reagieren, wenn diese es mit dem genügenden Energieinhalt erreicht, wie er durch die nahe Nachbarschaft der Moleküle im nervösen Verbands auch an den Synapsen gewährleistet ist. Das Gleiche gilt natürlich für rein intramolekulare Reaktionen, soweit solche evtl. im Nervensystem als Umschlag von Isomeren, Racemisierung usw. eine Rolle spielen mögen.

Bei der Kompliziertheit der Reaktionen und der dadurch bedingten Spezifität der Schwingungen ist die Resonanzbreite als außerordentlich gering anzunehmen. Bei noch so großer Vielseitigkeit der nervösen Moleküle innerhalb der spezifischen Energiebreite bleibt mithin die absolut spezifische Erregungsleitung auf resonatorischem Wege gesichert, d. h. die theoretisch ableitbaren Vorgänge decken sich mit den tatsächlich zu beobachtenden durchaus. Auch die langsame Erregungsleitung im zentralen Nervensystem bei der Passage durch viele Ganglien bietet dem Verständnis keine prinzipielle Schwierigkeit.

Aber die Fruchtbarkeit der Annahme, daß es sich bei der Reaktionsfortleitung im Nervensystem um elektromagnetisch-resonatorische Vorgänge an molekularen Schwingungssystemen handelt, geht noch weiter. Die bei Annahme elektrischer nur quantitativ abgestufter Erregungsleitung vollkommen unverständliche Verknüpfung der Teilerregungen in den höchsten Zentren zu gesetzmäßigen Gesamtvorgängen als Korrelaten der höchsten psychischen Funktionen wird weitgehend prinzipiell übersehbar. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß man es speziell in den höchsten Zentren mit außerordentlich vielseitigen Molekülen zu tun hat, die eine ganze Reihe molekularer Gruppen mit eigener Reaktions- und damit Schwingungsmöglichkeit enthalten. Treffen auf ein solches Riesemolekül von verschiedenen einfacheren Reaktionen ausgehende Einzelschwingungen, deren jede eine resonanzfähige Gruppe an ihm findet, so muß auch hier eine resonatorische Auslösung erfolgen, womit eine Synthese der Reaktionen und der Schwingungen zu einer unter Umständen von den primären Bestandteilen wesentlich verschiedenen Einheit höheren Grades durch additive Resonanz gegeben ist. Andererseits wieder müssen aus einer solchen Gesamtschwingung einfachere Moleküle die ihnen entsprechende Teilschwingung entnehmen können, was einer Analyse der Schwingung durch selektive Resonanz entsprechen würde, wie sie z. B. beim Übergang von den zentralen auf die motorischen Bahnen anzunehmen sein dürfte. Schließlich ist die Möglich-

¹⁾ Die Untersuchungen von Caan über Radioaktivität von Organen (Heidelb. A. Berichte 1911) darf man hier nicht heranziehen!

keit zuzugeben, daß die Reaktion einer Gruppe eines Riesenmoleküls andere, evtl. alle sonst daran noch schwingungsfähigen Gruppen, mit sich reißt. Man könnte dann von *kumulativer Resonanz auf einen Partialreiz* sprechen.

Die letztere Möglichkeit muß besonders dann vorliegen, wenn an einem Riesenmolekül, sei es, daß es sich eben neu gebildet hat, sei es, daß es nach einer speziellen Reaktion sich regeneriert hat, das intramolekulare Gleichgewicht noch nicht voll wieder hergestellt ist, so daß es zu einem Zerfall in einer ganz bestimmten Richtung prädisponiert, auf die Reaktion „eingelübt“ ist.

Auch mit dieser Auffassung, wenn sie auch so scharf umschrieben meines Wissens noch nicht ausgesprochen ist, ist keineswegs etwas Neues in die chemische Begriffswelt eingeführt. Die erst allmählich eintretende Stabilisierung und damit relative Reaktionsfähigkeit großer Moleküle ist vielmehr im Grunde etwas Altbekanntes. Jeder Chemiker weiß, daß gewisse hochmolekulare Agentien neu hergestellt eine bessere Reaktionsfähigkeit besitzen, als wenn sie schon lange gelagert haben.

Sicherlich spielt das Auftreten von Polymerisationen, Kristallisationsvorgängen, Änderungen des Dispersitätsgrades hier oft die ausschlaggebende Rolle. Aber es gibt genug Fälle, wo diese Erklärung eine nur sehr gezwungene wäre.

So ist z. B. an eine Polymerisation vieler Eiweißkörper, komplizierter organischer Farbstoffe usw. bei trockener Aufbewahrung doch nicht gut zu denken. Trotzdem zeigen solche Stoffe oft, obwohl alle sonstigen Konstanten unverändert sind, nach langer Aufbewahrung einen trägeren Reaktionsverlauf als im frischen Zustande. Verschärft zeigt sich dieses Verhalten bei Enzymen und gewissen Toxinen, also besonders hochmolekularen Stoffen. So berichten z. B. *Ehrlich* und *Madsen* über die ganz auffallende 50 % betragende Abnahme der toxischen Wirkung des Diphtheriegiftes mit der Zeit der Lagerung, trotzdem dasselbe chemisch sonst vollkommen unverändert geblieben war. Denn es neutralisierte die gleiche Menge Antitoxin und wies genau die gleiche Dissoziationskonstante auf, wie im frischen Zustande. *Calmette* und *Massol* beschreiben die gleichen Erscheinungen beim Cobragift.

Scante Arrhenius (Quantitative laws in biological Chemistry, London 1915) bemerkt dazu: „Um diese Eigentümlichkeit zu erklären, scheint es notwendig anzunehmen, daß die Hälfte der Moleküle des Giftes in eine unschädliche Modifikation übergegangen war, die die Eigenschaften des Giftes hinsichtlich des Antitoxins noch besaß. Solch eine unschädliche Substanz kann man mit *Ehrlich* „Syntoxoid“ nennen.“

Er nimmt also die Bildung eines neuen Moleküls an, was mit Hinblick auf das Erhaltenbleiben der Dissoziationskonstanten nicht gerade sehr wahrscheinlich ist. Jedenfalls hat diese Ansicht weniger Wahrscheinlichkeit für sich als die Annahme, daß, wie zwischen Molekülen und Ionen in Lösungen die Erreichung des Gleichgewichtszustandes eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, so auch innerhalb sehr großer Moleküle der endgültige Gleichgewichtszustand der Teile untereinander und damit das *Maximum der Stabilität*, wenigstens bei Riesenmolekülen, erst ganz allmählich sich einstellt, wenn alle Bahnschwankungen der Elektronen, die bei der Bildung des Moleküls recht beträchtlich sein müssen, sich ausgeglichen haben. Eine „Physiologie der komplizierten organischen Moleküle“,

wie *Erlenmeyer* sich in anderem Zusammenhange ausdrückt, scheint dringend wünschenswert.

Gibt man die Richtigkeit dieser Gedankengänge zu, so ist damit die *Übungsfähigkeit* des Moleküls für bestimmte Reaktionen zugegeben und es eröffnet sich eine Möglichkeit, unter Anwendung der vertretenden Gedanken auf das Molekül der Nervensubstanz das Hirngeschehen als Korrelat des psychischen Geschehens weitgehend physikalisch zu verstehen.

Denn: Die durch die Reaktion erworbene Disposition eines Moleküls für eben diese bestimmte Reaktion ist offenbar das Semonsche *Engramm*, als Korrelat der *Gedächtnisspur*. Die resonatorische Verknüpfung von Reaktionen zu einem einheitlichen Vorgang entspricht der Verknüpfung psychischer Elemente zu Empfindungen. Die resonatorische Auslösung durch Partialreize ist die *Ekphorie*: die *Erinnerung*. Das allmähliche Lückenhaftwerden der Engramme, d. h. die allmähliche Stabilisierung der molekularen Gleichgewichte bei länger Ruhe der Moleküle entspricht mit ihrer Folge des Ausfallens von Partialresonanzen dem allmählichen Lückenhaftwerden der *Erinnerung*, der *Erinnerungsfälschung* und schließlich der vollkommenen *Dissoziation*: dem *Vergessen*, wie umgekehrt die resonatorische Verknüpfung von Reaktionen und Reaktionsreihen der Assoziation, Komplikation usw. entspricht. Der endliche Ausgleich des Spieles der elektromagnetischen Resonanzen zu einer sich festigenden Reaktionsreihe hat sein psychisches Gegenstück in der *Urteilsbildung* und im *Schlusse*. Die *Gesetze der Logik* erscheinen in gewissem Sinne als die ins Psychische übersetzten *Gesetze der elektromagnetischen Resonanz*. Besonders gut physikalisch überblickbar werden auf Grund der Resonanzhypothese die Erscheinungen des natürlichen und künstlichen Schlafes. Der oft freilich recht winzige, wenn überhaupt vorhandene Tatsachenkern der sogenannten „okkulten“ Erscheinungen — ich verweise auf die Ausführungen *Dessoirs* in seinem kritischen Werke „Vom Jenseits der Seele“ — wird jeder Mystik absolut entkleidet und zum Gegenstand des exakten physikalischen Experimentes, dessen Bedingungen und Tragweite der Folgerungen, auch in Anwendung auf das Tagesgeschehen, genau zu übersehen sind. Der von *Crookes* vertretene und viel befandene Gedanke, die „psychische Kraft“ in elektromagnetischen Schwingungen zu sehen, scheint vielleicht doch, wenn auch wesentlich modifiziert, zu Recht zu bestehen.

Ein näheres Eingehen muß ich mir an dieser Stelle versagen.

Berlin-Dahlem, den 31. Oktober 1919.

Dr. P. Vageler.

Wie ist das körperliche Wärmegefühl, die schweißtreibende Hitze bei schneller Niederrfahrt aus großen Höhen zu erklären?

Ich erinnere mich vom Gymnasium her, daß unser Naturkundelehrer, ein geübter Bergsteiger, den Satz aufstellte, daß rasches Abwärtssteigen den Körper erhitze, und zwar nicht selten soweit über die bloße Anstrengungswärme hinaus, daß dem Herzen sogar Gefahr drohen könne. Die Erscheinung begründete er kurz damit, daß der durch Muskelarbeit emporgetragene Körper an potentieller Energie reicher sei, und daß die aufgespeicherten Meterkilogramm beim Abstieg wieder frei würden.

Bei meinen späteren Hochgebirgswanderungen habe ich oft auf diese Erscheinung acht gehabt, und mehrmals glaubte ich obigen Satz bestätigen zu können. So entsinne ich mich, während eines „galoppierenden“

Abstieges vom Monte Rosa, fiebernd an Kopf und Körper, eine wahre Hitzschlagswärme zur Bétémpshütte getragen zu haben. Und doch betrug die körperliche Abstiegsarbeit sicherlich nur einen geringen Bruchteil der des Aufstiegs; denn Herz und Lunge arbeiteten ungleich weniger angestrengt. Es hat also den Anschein, als ob ein Teil der latent gebundenen Aufstiegsenergie talabwärts in Form von Wärme frei würde. Da aber in jedem Falle, sowohl beim Steigen wie beim Niedergehen, physische Kraft in Wärme umgesetzt wird, verrät sich jene „Abstiegswärme“ stets nur als Überschuß und ist in dieser Form nicht leicht zu konstatieren, geschweige denn sicher abzuschätzen.

Eindeutiger gestaltet sich daher das Problem in den Füllen, wo mit dem Auf- und dem Abstieg keine Anstrengung verbunden ist, z. B. im Ballon oder Flugzeug. Anlässlich eines Höhenfluges auf 5600 m bot sich mir Gelegenheit, das merkwürdige *Phänomen der Abstiegswärme* auf überraschende Weise wahrzunehmen. Die Höhendifferenz von etwa 5200 m wurde in kaum 9 Minuten zurückgelegt; je mehr wir uns der Erde näherten, desto heißer, schwüler, fiebernder, kochender wurde mir zumute, und als ich mich nach dem Landen des Überkleides entledigte, glaubte ich einem türkischen Bade zu entrinnen. Es war eine Schweißabsonderung, wie sie sich nur bei künstlichen Prozeduren im Dampf- oder Heißluftbad einzustellen vermag.

Woher stammt nun diese Wärme? Wie ist ihr plötzliches Auftreten gegen Ende des Gleitfluges zu erklären? In welcher Weise sind hier Ursache und Wirkung verkettet? — Daß diese Wärme mit dem Abstieg zusammenhängen, vielleicht als dessen unmittelbare Folge angesehen werden muß, ergibt sich daraus, daß, wenn ich dieselbe Gleitflugstrecke mit derselben Geschwindigkeit und in der gleichen Kleidung horizontal, etwa im Automobil, zurückgelegt hätte, ich das Ende der Fahrt sicherlich mit keinem Wärmeszuschuß beschlossen haben würde, da der fortwährende Luftzug eher kühlend als wärmend wirkt. Ist die *Abstiegswärme* wirklich nichts anderes als ein Freiwerden von *Energie der Höhenlage*, so müßte jeder aus großer Höhe fallende Körper — in unserem Falle auch der Flugapparat — eine bestimmte Temperaturerhöhung auf dem Wege nach unten erfahren, und zwar über die jeweiligen herrschende Lufttemperatur hinaus. Diese Temperaturzunahme läßt sich annähernd berechnen. Für einen 75 kg schweren Flugpassagier z. B. ergeben sich bei 5200 m Höhendifferenz 390 000 mkg Aufstiegsenergie, welche (durch das mechanische Wärmeäquivalent dividiert) 920 Kalorien Wärmehalt entsprechen. Angenommen; die spezifische Wärme des menschlichen Körpers betrage etwa die Hälfte der des Wassers, dann gelangen wir zu einer Temperaturerhöhung von $\frac{920}{0,5 \cdot 75} = 24^\circ$. Es fragt sich nun, ob der

Mensch einen solchen Wärmebetrag innerhalb der kurzen Zeit von 9 Minuten durch die Haut ausgleichen kann. Darüber wird der Physiologe urteilen können. Jedenfalls werden die Wärmeregulierungsorgane bei derart schnellem Abstieg aufs äußerste beansprucht und damit — nach meinen Erfahrungen zu urteilen — das ganze Nervensystem in Unordnung gebracht.

In der Physik, im Reiche der leblosen Materie, ist die *Fallwärme* keine unbekannte Erscheinung. Wer dürfte nicht an den Föhn, dessen sengende Wärme auf einem ähnlichen Wege durch fallende Luftschichten zustande kommt? Wie! aber — sind hier nicht Reibungen und Kompressionen am Werke? Ferner: dürfte

man auf den niederfliegenden Menschen auch das Gesetz der adiabatischen Erhitzung in Anwendung bringen? Wie rätselhaft erscheint unser Problem! Und rein physiologisch, wie etwa durch bloße Hautreizung, läßt sich ein Schweißausbruch gleich dem geschilderten auch nicht erklären. Kann man sich doch nicht denken, daß die ganze körperliche Wärmereaktion auf einer Täuschung der Sinne und Nerven beruhe. Dem Körper muß auf irgendeine Art von außen Energie zugekommen sein. Jedoch wie diese sich während des ruhigen Abstieges so schnell in Wärme umwandelt, bleibt vorläufig schwer zu erklären.

Es wäre überaus verdienstlich und lohnend, dieser Naturerscheinung an Hand von Fliegerbeobachtungen näher zu treten.

Schwamendingen b. Zürich, den 27. September 1919.

Dr. A. Stettbacher.

Die psychologische Erklärung der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes.

Herr *Baschin* führt (Nr. 29 vom 18. Juli) die Verstärkung der Farbenintensitäten am Abend- oder am Morgenhimmel bei seitlicher Neigung des Kopfes auf Kontrastwirkung zurück, hervorgerufen durch das so in größerer Ausdehnung zu überschauende Himmelsblau. Als Kontrastwirkung dürfte diese Tatsache aber wohl kaum zu deuten sein. Angeregt durch eine Bemerkung in Professor *Albert Heims* „Luftfarben“ (Zürich 1912) benutze ich das Seitlichneigen des Kopfes seit Jahren beim Betrachten von Gebirgslandschaften in der Natur, und ich fand stets *alle* Farben bedeutend intensiver und dadurch stärker untereinander kontrastierend, auch bei bedecktem Himmel, wo das Himmelsblau als kontrastierende Farbenfläche nicht in Betracht kommt. Besonders auffällig ist auch gerade die Erhöhung der Intensität der blauen und violetten Töne in der Landschaft, die durch Kontrastwirkung mit dem Himmelsblau doch alles eher als verstärkt würden. Auch *Heim* führt an genannter Stelle gerade die blauen Farbentöne der Landschaft als Beispiel für die Erhöhung der Farbenintensität an. Eine befriedigende Erklärung der Erscheinung scheint noch nicht gefunden.

Bezüglich der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes wäre vielleicht darauf hinzuweisen, daß das blaue Himmelsgewölbe nicht nur scheinbar, sondern tatsächlich eine gegenüber der Halbkugelform abgeflachte Gestalt besitzen muß. Das Himmelsblau verhält sich scheinbar, wie wenn es die Färbung unserer Lufthülle wäre. Von großen Höhen aus gesehen liegt es gleich der Lufthülle zum größeren Teile unter uns über der über-schaute Erdoberfläche, vor fernen Landschaften senkt es sich wie ein blauer Vorhang herab. Diese blaue Hülle erstreckt sich in ihrem Hauptteile über uns nur eine kleine Anzahl von Kilometern in die Höhe, eine einigermaßen freie Horizontlinie der Erdoberfläche dagegen liegt wohl stets ein Mehrfaches dieser Höhe von uns entfernt. Da wir nun diese Horizontlinie mit dem Zenith durch eine kontinuierliche Fläche verbinden und das Herabsinken des blauen Luftvorhanges vor der Landschaft kaum beachten, also vernachlässigen, so beruht die scheinbar abgeflachte Gestalt des Himmelsgewölbes auch auf ganz richtiger Einschätzung durch unseren Verstand und nur zum kleinen Teil auf einer psychologischen Täuschung.

Rüschlikon b. Zürich, den 28. September 1919.

Diplom-Ingenieur Fritz Zweifel.

Zoologische Mitteilungen.

Die Besiedelungsgeschichte der Adria im Lichte der neueren Bearbeitung der Zehnfüßigen Krebse. (Nach Dr. Otto Pesta¹⁾ in Wien.) A. Bei dem Versuche, ein Bild der horizontalen Verteilung der Decapodenkrebse über den Flächenraum des Adriatischen Meeres zu gewinnen, drängt sich zunächst die Tatsache aufdringlich in den Vordergrund, daß die überwiegende Mehrzahl der Arten die östlichen Küsten bewohnt, während ein viel geringerer Teil auch längs der Küste Italiens verbreitet ist, die Ostküste sich somit durch größeren Formenreichtum auszeichnet als die Westküste. Unter Berücksichtigung der nach sicheren Fundortangaben ausgewählten Spezies und mit Ausschluß der Tiefseebewohner entfällt auf die erstere eine Zahl von 116, auf die letztere hingegen nur eine Zahl von 65 Arten. Die Ursache hierfür liegt zweifellos in den Unterschieden der Küstenbeschaffenheit; denn die reichgegliederte und vielgestaltige Ostküste bietet eben ungleich mehr differente Besiedelungsbezirke als die ziemlich einförmige Westküste. Dazu kommt allerdings noch der Umstand, daß die Decapodenfauna der italienischen Ufergrenzen bisher nur vereinzelte Bearbeiter gefunden hat, weshalb auch die Zahl der von dort bekannt gewordenen Fundorte eine sehr geringe ist; dieser Mangel wird aber auch durch zukünftige Explorierungsergebnisse am erwähnten Grundzug des Verbreitungsbildes wenig zu ändern vermögen. — Ein Überblick über die horizontale Verteilung in der Richtung von Norden nach Süden zeigt, daß von den 143 Formen der Pestaschen Aufzählung ungefähr die Hälfte im nördlichsten Abschnitte, dem Golfe von

Triest, gefunden wurde. Die andere Hälfte (74) der Arten dringt von Süden her höchstens bis Istrien—Venedig vor. Das Maximum des Artenreichtums liegt somit im Areal der dalmatinischen Küsten und Inseln vom Quarnero bis Cattaro reichend. Das Tiefenbecken der südlichen Hälfte der Adria beherbergt eine Reihe von Decapodenarten, welche allgemein zu den typischen Tiefseebewohnern gerechnet werden und an außeradriatischen Lokalitäten aus ganz beträchtlichen Tiefen (bis zu 4000 m) bekannt geworden sind. Sie stellen teils bodenmeidende (bathypelagische), teils bodenbewohnende (bathynektische) Formen dar; von den ersteren halten sich nicht nur die Larvenstadien, sondern gelegentlich auch die jüngeren Exemplare nahe an der Oberfläche auf (insbesondere zur Nachtzeit), während die ausgewachsenen, reifen Individuen stets in den tiefen Wasserschichten angetroffen werden. Die bis heute zu verzeichnende Gesamtzahl der adriatischen Tiefseedecapoden beträgt 17. Einige andere Arten bewohnen nur vorzugsweise die größeren Tiefen, und noch andere dringen gelegentlich aus den geringeren Tiefen in die Tiefsee vor. Solche Decapoden finden sich demgemäß auch vielfach nicht nur in der südlichen Adria, sondern an verschiedenen, ihnen zusagenden Punkten. An oberflächenbewohnenden und zugleich küstensehnen Decapodenarten besitzt die Adria 2, *Lucifer aestra* und *Nautilograpsus minutus*.

B. Die Ermittlungen Pestas über den Zusammenhang der adriatischen Decapodenfauna mit den übrigen Meeren haben zu den folgenden Ergebnissen geführt:

1. Die adriatische Decapodenfauna enthält keine einzige gebietseigene Spezies, d. h. keine Spezies, deren Vorkommen ausschließlich auf die Adria beschränkt wäre.

2. Alle Arten der in der Adria lebenden Decapoden sind auch im Mittelmeer gefunden worden, ausgenommen *Uca coarctata*, deren sichere Fundorte nur im Pazifischen Ozean liegen; diese Form ist der adriatischen Fauna fremd, und ihr einmaliges Auffinden zweifellos einer zufälligen Einschleppung zuzuschreiben.

3. Ausschließlich der Adria und dem Mittelmeer gehören folgende 21 Spezies an: *Synalpheus laevimanus*, *Alpheus dentipes*, *Leander arripus*, *Periclimenes amethysteus*, *Pontonia custos*, *P. flavomaculata*, *Drino elegans*, *Jaxea nocturna*, *Callianassa laticauda*, *C. subterranea* var. *minor*, *Clibanarius rouxi*, *Cl. hirsutus*, *Eupagurus anachoretus*, *Acanthonyx lunulatus*, *Pisa nodipes*, *Lissä chiragra*, *Herbstia condyliata*, *Maia verrucosa*, *Lambrus angulifrons*, *Paragalene longicrura*, *Bachynotus lucasi*. Die genannten Arten können somit vielleicht als echte Mediterrangebietsformen angesprochen werden, für welche die Bezeichnung „autochthon“ oder „endemisch“ im Sinne der Tiergeographie gebraucht werden mag.

4. Ungefähr zwei Drittel der adriatischen Decapodenarten bewohnt nicht nur das Mittelmeer, sondern ist außerdem auch im nördlichen Teile des Atlantik (europäische Küsten und Inselgruppen) verbreitet.

5. Dagegen bewohnt eine sehr geringe Artenzahl der hier besprochenen Fauna auch die wärmeren Meeresgebiete (wie Rotes Meer, Indik, Pazifik).

6. 19 Arten der adriatischen Decapoden gehören auch zur Fauna des Schwarzen Meeres.

7. Die Fauna der Adria enthält keine einzige typisch arktische und keine antarktische Decapodenspezies. Die 4 im nördlichen Eismeer nachgewiesenen

¹⁾ Die Decapodenfauna der Adria. Versuch einer Monographie. Von Dr. Otto Pesta am Naturhistorischen Hofmuseum in Wien. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1918. X u. 500 Seiten. — Das Buch stellt seit dem Erscheinen des Hellerschen Werkes über die Crustaceen des südlichen Europas (1863) die erste kritisch bearbeitete Zusammenfassung der Ergebnisse neuerer Forschungen auf dem Gebiete dar. In der Aufstellung der großen systematischen Kategorien folgt es den Grundsätzen Ortmanns von 1901 und Borradailes von 1907, die Charakteristiken niederer Gruppen, Familien und Subfamilien wurden zumeist den Werken neuerer Spezialbearbeiter entnommen, die Mehrzahl der Artdiagnosen aber wurde von dem Verfasser an der Hand eines reichlichen Materials neu geschaffen.

Was das Werk an Bemerkungen über das Vorkommen und die Lebensweise der Zehnfüßkrebse beisteuert, ist meist recht gut beobachtet und erscheint, soweit es der Literatur entnommen wurde, stets mit Besonnenheit verwertet. Für Dorippe möchte ich nach Beobachtungen im Aquarium hier anmerken, daß sie sich tagsüber in Sand und Schlamm eingräbt, nachts aber herumstreift; mit Fremdkörpern belädt sie sich nie. *Ethusa mascaroni* dagegen sah ich nie ohne eine Muschelschale als Deckungsobjekt über dem Rücken, ganz wie das *Gustav Jäger* in seinem Aquariumbuch (um 1860) abgebildet hat. — Mit meinen Beobachtungen im Aquarium stimmen, um schließlich nur noch dies zu bemerken, Pestas Angaben über die Lebensweise des *Nephrops norvegicus* überein. Der Krebs ist bemüht, sich im Boden in kurzen Höhlen zu verbergen, die er selbst herstellt, und geht nachts auf Nahrungssuche. Weicher Schlamm oder schlammiger Sandgrund ist ihm derart Bedürfnis, daß er ohne solchen Bodengrund im Aquarium überhaupt nicht gehalten werden kann. In den heißen Sommermonaten gehen die *Nephrops* — wie auch die Langusten und großen Hummer — in den Aquarien so ziemlich regelmäßig ein.

Formen dürfen entsprechend ihrer übrigen Verbreitung im Atlantik nicht als „arktische“ Decapoden im gebräuchlichen Sinne gelten.

Pestas kritische Bemerkungen zu diesen Ergebnissen fördern einige recht beachtenswerte Gedanken zutage.

1. Die Tiergeographie unterscheidet für ihre Faunengebiete zwei Gruppen von Organismen, von denen sie die eine als „autochthone“ (im Gebiete entstandene), die andere als „immigrante“ (in das Gebiet eingewanderte) bezeichnet; dazu kommt außerdem noch die Gruppe der „relikten“ (der von einem ursprünglich gemeinsamen Gebiete abgetrennten) Arten. Die Verwendung der genannten Einteilung und der mit ihr verbundenen Begriffe wurde von *Pesta* mit Absicht vermieden. Denn es ist kein stichhaltiges Kriterium bekannt, welches darüber entscheidet, ob eine Decapodenart, die z. B. im Mediterrangebiet und zugleich an den europäischen Küsten des Atlantischen Ozeans lebt, als Einwanderer aus dem Atlantik oder als Auswanderer aus dem Mittelmeer zu bezeichnen sei. Das vielfach übliche Verfahren, derartige Fragen nach der statistischen Methode (Berücksichtigung der Häufigkeit des Auftretens, Zählung der Fundorte u. dgl.) zu lösen, erscheint dem Verfasser gänzlich verfehlt; wenn, z. B. von der Familie der Crangoniden nur eine Spezies sich im Mittelmeere und an den afrikanischen Küsten des Atlantik findet, während fünf andere Spezies derselben Familie das Mittelmeer und die europäischen Küsten des Atlantik bis nach Norwegen bewohnen, so ist hierin noch keine Begründung dafür gegeben, das primäre Verbreitungsgebiet dieser Crangoniden in das Gebiet des Nordatlantik zu verlegen und damit implicite zu behaupten, diese Tiere seien ursprünglich „nördliche“ Arten, die nach Süden (Mittelmeer, afrikanische Küsten) vorgedrungen sind. Wir fragen vergeblich nach einem Beweis für diese übliche Auffassung. Einen solchen würde vielleicht allein die Untersuchung von fossilem Material zu liefern vermögen; zurzeit sind wir darüber jedoch nicht unterrichtet. Oder stellen wir die Frage: Welche Gründe sind es, daß z. B. *Nephrops norvegicus*, der „norwegische Hummer“, geradezu als nördliche Art katecheten gilt? Spricht etwa seine Verbreitung, seine biologische Eigentümlichkeit oder — sein Name dafür? Warum sollte die Form nicht ebenso gut vom Mittelmeergebiet aus nach Norden gewandert sein? Kann aus der heutigen Verbreitung eines Decapoden in allen Fällen auch ein Schluß auf sein Entstehungsgebiet oder auf seine „Heimat“ gezogen werden? Wir können die Sicherheit, deren sich die Mehrzahl der Autoren bezüglich dieser Fragen bedient, keineswegs teilen. Jede neuerliche Explorierung eines marinen Areals, sei auch dessen Fauna gut bekannt, bringt meistens den Nachweis einer Reihe von Arten, deren Vorhandensein bisher unbekannt geblieben war; müssen nun solche „für das Gebiet neue“ Arten aus diesem Grunde als Einwanderer gelten? Eine derartige Folgerung erscheint uns unwissenschaftlich.

2. Ist somit die adriatische Decapodenfauna aus 2 Gruppen zusammengesetzt — aus jenen 21 Arten (siehe Punkt 3. oben), die ausschließlich das Mittelmeergebiet bewohnen, und aus den übrigen 122 Spezies, die also erst ins Mittelmeer „vorgedrungen“ wären? *Pesta* hält diesen Schluß, wie gesagt, für unwissenschaftlich und entscheidet über die Frage, in welcher Richtung eine Wanderung der einzelnen Formen vor sich gegangen sei — mit anderen Worten,

ob sie „nördliche“, „südliche“, „östliche“, „endemische“, „autochthone“ oder „immigrante“ Arten seien — lieber nichts.

3. Gibt es „Glazialrelikte“ unter den adriatischen Decapoden? Bekanntlich wird nach einer von *Lorenz* stammenden Vermutung der norwegische Hummer als Relikt aus der Eiszeit gedeutet. Es fragt sich aber 1.: gibt es geologische (oder auch hydrographische) Beweise für eine Verbindung der Adria mit den Nordmeeren während der Eiszeiten?, 2.: besteht Diskontinuität bezüglich der heutigen Verbreitung der norwegischen Hummer in der Adria und den Nordmeeren? und 3.: erweist sich der adriatische *Nephrops* als ausgesprochen kälteliebend? Zu 1. Die Genesis des adriatischen Beckens wird nach dem heutigen Stande der geologischen Kenntnisse dahin beschrieben, daß seine südliche Hälfte in jungtertiärer Zeit durch Einbruch vom mittelländischen Tertiärmeere aus entstand, während die Bildung der nördlichen Adria erst in die postglaziale Zeit verlegt wird. Es kann demnach die Besiedlung der Adria während der Eiszeitperioden mit hochnördischen Tieren ausschließlich im Süden stattgefunden haben. Mittelmeer und südliche Adria sind aber schwerlich von der Eiszeit derart betroffen, daß die klimatischen Verhältnisse eine Einwanderung nördlicher Kaltwasserformen ermöglichten. Denn daß das genannte mediterrane Areal wahrscheinlich „nie ein kaltes Meer gewesen ist, dafür haben wir den Beleg in dem warmen Bodenwasser dieses Beckens, indem uns dieses einen annähernden Mittelwert der Lufttemperatur des Jahresminimums und daher auch der Wassertemperatur jener fernen Zeit liefert“ (*Cori* 1912). Wir besitzen somit keine sicheren Beweise dafür, daß während der Glazialzeit eine derartige Verbindung der südlichen Adria mit den Nordmeeren bestand, welche die Zuwanderung einer Kaltwasserform aus dem Norden über das Mittelmeer gestattet haben würde. Zu 2. Für unsern norwegischen Hummer beweist das neuerdings bekannt gewordene Bild seiner Verbreitung, daß sein adriatisches Siedlungsgebiet über Mittelmeer und Ozean hinaus mit den Nordmeeren verbunden ist, er also in der Adria keineswegs isoliert auftritt. Zu 3. Endlich wird *Nephrops norvegicus* auch an den außeradriatischen Fundstellen, vornehmlich in der sublitoralen Zone (40–150 m) angetroffen, doch geht er gelegentlich tiefer (bis 823 m), häufiger aber in höher gelegene Wasserschichten (bis zu 10 m). Weiche Bodenfazies bilden für ihn allorts besonders zusagende Lokalitäten. Seine Fortpflanzung wurde im Adriatischen Meere für die Sommermonate konstatiert, und zwar findet sie an der italienischen Flachküste in geringen Tiefen (10–30 m) statt. Es entsprechen demnach auch die biologisch-ökologischen Eigentümlichkeiten dieses Tieres in keiner Weise dem Charakter einer Kaltwasserform. *Nephrops norvegicus* ist deshalb ebensowenig ein Glazialrelikt wie irgend eine andere Decapodenform des Adriatischen Meeres, die zugleich auch der Fauna des Nordatlantischen Ozeans angehört.

Die pazifische und atlantische Medusengattung *Gonionemus* in der Adria. (Nach den Berichten von *Heinrich Joseph* in Wien¹⁾.) — (1.) In einem seit fünf

¹⁾ Prof. Dr. H. Joseph: 1. Ein *Gonionemus* aus der Adria. Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien: Sitzung der mathematisch-naturwiss. Kl. vom 17. Jänner 1918. Akadem. Anzeiger Nr. 2. — 2. Ein *Gonionemus* aus der Adria. Sitzber. der Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Kl., Abt. I.

Jahren unberührt stehenden Aquarium des Zweiten Zoologischen Instituts der Wiener Universität, das nie etwas anderes als Wasser, Tiere und Pflanzen aus dem Triester Golfe enthalten hatte, fand sich im Mai 1917¹⁾ eine hirsekorngroße Meduse ein, die sich als ein Jugendstadium eines *Gonionemus* erwies. Den europäischen Küsten war die Gattung bisher fremd; wir kannten sie von den Fijiinseln, Malediven, von Ceylon, Japan, den Aleuten und den beiden Küsten Nordamerikas und wissen, daß sie dort eine so häufige und gut bekannte Erscheinung ist, daß einige ihrer Arten in Japan und Amerika bei ontogenetischen, experimentell-morphologischen, variationsstatistischen und vergleichend-physiologischen Studien die Rolle eines vielbenutzten Objektes spielen. Obwohl bei den Wiener Funden reife Medusen (die man sich wohl als markstückgroße Tiere zu denken hat) nicht erzielt werden konnten, ließ sich doch feststellen, daß es sich um eine neue Art handeln müsse, die zweifellos im Gebiete der Nordadria zu Hause ist. Joseph nennt sie, um ihren Entdeckungsort festzuhalten, *Gonionemus vindobonensis*. Die Meduse ähnelt am meisten der von A. G. Mayer ausführlich beschriebenen Spezies *G. Murbachii*, gehört also zu der von Bigelow unterschiedenen nördlichen oder *Vertens*-Gruppe, die unter anderem im erwachsenen Zustande durch eine von der halben bis zur doppelten Tentakelzahl schwankende Randbläschenzahl gekennzeichnet ist, während die tropisch-indischpazifische *Suvaensis*-Gruppe stets 16 Randbläschen hat bei ungefähr gleicher Bläschenzahl in der *Vertens*-Gruppe. Die größten von Joseph beobachteten 1,6 mm, die Tentakelzahl schwankte zwischen 12 und 17, die der Randbläschen zwischen 4 und 9. Ein entscheidendes Merkmal ist in der Reihenfolge gegeben, in welcher die Randgebilde auftreten und von der, wenigstens in der Jugend, deren relative Größe abhängt.

(2.) Die erstmalige Beobachtung der Meduse nach einer Zeit von mindestens fünf Jahren seit der letzten Beschickung des Aquarium müßte auch in dem nicht sehr wahrscheinlichen Falle sehr bemerkenswert sein, daß in diesen Jahren das Tier konstant übersehen worden sein sollte. Denn nach den vorliegenden Literaturangaben scheint für die Gattung *Gonionemus* der *Trachomedusen*-Charakter festzustehen, ihr also ein Polypenzustand zu fehlen und somit die von Perkins 1903 für einen amerikanischen *Gonionemus* beschriebenen Jugendzustände (die wie Polypenstadien aussahen, an denen planula-ähnliche, jedoch wimperlose Knospen entstanden, die sich festsetzten und wieder zu dem „Hydrastadium“ entwickelten) nur Ruhestadien der Medusenlarve zu sein. Es bleibt also das plötzliche Auftreten von Jugendformen, denen weder Polypen noch reife Medusen vorangegangen waren, nur durch irgendwelche *Daueranlagen* erklärbar. Wie diese Knospen und Hydrastadien für unsern Wiener *Gonionemus* aussehen mögen, könnte wohl einmal durch die Spur aufgeheilt werden, der Joseph auf Anregung von Korschelt und Heider nachzugehen im Begriff ist. Die Perkins'schen Hydrastadien haben nämlich eine frappante Ähnlichkeit mit dem von Schaudinn 1894 beschriebenen Hydroidpolypen *Haleremita cumulans*,

sowohl hinsichtlich des Baues und der Form des Polypen, als was die ungeschlechtliche Vermehrung durch wimperlose, planula-ähnliche Knospen betrifft. Und diese *Haleremita* fand sich unter ganz ähnlichen Umständen wie die Josephsche Meduse, nämlich in alten Berliner Seewasseraquarien, deren Inhalt aus Rovigno stammte. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die in dem Wiener *Adria-Aquarium* entdeckte Meduse *Gonionemus vindobonensis* mit dem gleichfalls adriatischen Polypen *Haleremita cumulans* ganz ebenso genetisch verknüpft ist, wie die Perkins'schen Hydrastadien mit dem *Gonionemus Murbachii*. Gelänge es den künftigen Bemühungen Josephs, den Rovigneser Polypen in seinem Medusenaquarium aufzufinden und den heute nur erst vermuteten Zusammenhang zwischen ihm und der Meduse aufzudecken, so wäre das zugleich auch für die Beurteilung der *Trachomedusen* von größter Bedeutung. Für heute darf vermutet werden, daß die von Perkins beschriebenen Polypenzustände nur Ruhestadien der Medusenlarven sind.

(3.) Die Abwägung der morphologischen Merkmale und der Daten der geographischen Verbreitung veranlaßt Joseph, die beiden Bigelowschen Gruppen zu dem Range je eines Subgenus oder sogar eines Genus zu erheben, wobei der alte Agassiz'sche Name *Gonionemus* der nördlichen verbleiben muß, während die südliche (wegen der geringen Statocystenanzahl) die neugeschaffene Bezeichnung *Micocystidium* erhält.

(4.) Soweit Beobachtungen über das Gebaren der Tiere gemacht werden konnten, stimmen sie mit der Schilderung von A. Agassiz für *G. vertens* überein; längeres Festsitzen am Grunde mit Hilfe der Haftapparate an den Tentakelknien, rasches Aufwärtsschwimmen zum Wasserspiegel, Umdrehreflex, langsames Absinken mit weit ausgebreiteten Tentakeln zum Behufe des „Angelns“ usw.

(5.) Daß der adriatische *Gonionemus* bisher nicht im Freien gefunden wurde, mag mit seiner Lebensweise zusammenhängen. Die anderen Arten der Gattung haben eine besondere Vorliebe für das Leben in ganz oder fast ganz abgeschlossenen, ruhigen Tümpeln, Lagunen von Atollen usw., und so könnte ja auch die neue Form irgendwo in abgeschnürten Buchten, Lagunen oder „rockpools“ der nördlichen Adria zu Hause sein, wenn man sie nicht etwa als einen durch den Schiffsverkehr nach Triest verschlagenen Findling ansprechen will, was jedoch, wie Joseph treffend bemerkt, bei der zu einem solchen Ereignis erforderlichen Häufung von günstigen Zufällen praktisch einer Unmöglichkeit gleichzusetzen wäre. In den Felsenstrandtümpeln der nördlichen Adria möchte ich aber die Meduse auf Grund meiner Erfahrungen mit diesem Lebensbezirke nicht suchen und dem Tier zunächst überhaupt nur eine „litoral-benthonische Lebensweise“ schlechthin zuschreiben. Die ökologische Seetierkunde, soweit wir eine solche haben, begeht fast durchweg den Fehler, bei der Charakterisierung der Lebensräume der Tiere wesensfremde Begriffe, nämlich geographische, unterzuschieben (Atoll, Lagune, Bucht, Hochsee usw.) und gewöhnt sich auf diese Weise an den Umgang mit Scheinergebnissen, die sicher Rückschlüsse aus dem Bau des Tieres auf seinen Lebensraum verhindern (woher es denn notabene auch kommt, daß das Bild der ökologischen Tiergeographie, soweit wir eine solche haben, an Verzerrungen und unmöglichen Verallgemeinerungen so reich ist).

(6.) Der Gedanke, die neue Meduse der Fauna der adriatischen Felsenstrandtümpel zuzurechnen, liegt frei

127. Bd., 2. u. 3. Heft, 1918. Mit 1 Tafel u. 14 Textfiguren. — 3. Einige Beobachtungen an Coelenteraten: 1. Erwägungen über die Stellung von *Gonionemus vindobonensis* H. Jos. Verh. d. Zool.-bot. Gesellsch. in Wien, Jahrg. 1918, S. 251 u. 252.

¹⁾ und dann noch einmal im Frühjahr 1918.

lich nahe, wenn man ihre Haftapparate in die Nähe der Haftpolster der *Kriechmeduse-Eleutheria* rückt, die sich bekanntlich in solchen 'Tümpeln' aufhalten kann. Indessen sind diese Apparate doch so voneinander verschieden gebaut, daß man notwendigerweise die beiden Tiere in verschiedenen Lebensbezirken suchen muß.

(7.) Andererseits muß man es auch vermeiden, die Haftapparate des *Gonionemus* durch die Bezeichnung Saugnäpfe und die Vorstellung von der Klebefähigkeit eines in den „Näpfen“ vorkommenden Sekrets an die Haftapparate höherer Tiere (etwa der Blutegel) anzuschließen. Hydroiden haben, soweit meine Erfahrung reicht, niemals Saugnäpfe, sondern heften sich samt und sonders durch Pseudopodien fest; sie bedienen sich also lediglich Haftmittel allerprimitivster Art, und nur die Häufung der Pseudopodien macht die Unterschiede in der Kraft der Apparate aus. Verfügen wir bereits über so etwas wie ein *System der mechanischen Werkzeuge der Tiere*, so würden unsere Rückschlüsse aus Bau und Funktion der Tierkörper auf die Lebensbezirke außerordentlich aufschlußreich werden und uns dem Gebäude einer idealen Tiergeographie um Vieles näher bringen.

(8.) Bei der Durchsicht der ganz vortrefflich gelungenen photographischen Abbildungen des *G. vindobonensis* ergibt sich, daß die Glockenhöhe immer kleiner als der Breitendurchmesser (und größer als der Breitenhalbmesser) ist. Die relativ größte Glockenhöhe fand ihren Ausdruck in der Proportion $b : h = \frac{b}{2}$. Indessen hatte *Joseph* gehofft, ein allgemein gültiges Verhältnis in den Körperproportionen der Medusen zu finden, da ihm eine derartige Idee schon lange auf Grund der Vergleichung zahlreicher Exemplare verschiedener Arten, namentlich Anthomedusen, geläufig war. Und eine solche allgemeine Proportion fand sich auch. Nimmt man statt der größten Breite der Glocke den Durchmesser des Glockenrandes, so hat man die Überraschung, ein für alle Varianten fast konstantes Verhältnis zu finden. Die Höhe ist dann natürlich relativ noch bedeutender als der oben erwähnte Grenzwert und überschreitet den Betrag des geometrischen Mittels zwischen Durchmesser und Halbmesser, aber sie steckt in einem Verhältnis zum Raddurchmesser, der sich in allen untersuchten Fällen ungefähr gleich fand. So lautete die Proportion

$$b \text{ (0,94 mm)} : h \text{ (0,72 mm)} = 1 : 0,77$$

$$b \text{ (0,71 mm)} : h \text{ (0,55 mm)} = 1 : 0,79$$

$$b \text{ (1,25 mm)} : h \text{ (1,00 mm)} = 1 : 0,77$$

„Also die Variationen der Form hängen in erster Linie von der Seitenwölbung der Glocke ab, während die Hauptdimensionen, sofern man sie nur auf die richtigen Marken bezieht, die gleichen bleiben.“ Es wird abzuwarten sein, bemerkt *Joseph* selbst, ob sich dasselbe oder ein analoges Prinzip auch auf andere Medusen und auf andere charakteristische Formen des Tierreichs als anwendbar erweisen wird. Natürlich gilt der hier errechnete Wert nur für die gerade vorliegende Altersstufe. Da wir von anderen Arten her wissen, daß sich das Höhen-Breiten-Verhältnis mit dem Alter ändert, so wäre es eine immerhin des Versuchs würdige Aufgabe der Biometrik, der etwa hier vorliegenden Gesetzmäßigkeit der Gestaltsveränderung nachzugehen. Es ist wohl, sagt *Joseph* diese Darlegung abschließend, auch kein unzulässiger Zirkelschluß, wenn ich umgekehrt aus der Gleichheit des errechneten allgemeinen Breiten-Höhen-Quotienten (um 0,78) dessen besondere Bedeutung und dessen

Beziehung zu einem gleichartigen physiologischen Zustande der Medusenmuskulatur erschließe. Denn es müßte als eine ganz unerhörte Zufallstücke empfunden werden, wenn dieser Quotient gerade bei physiologisch unvergleichbaren Zuständen in so hohem Grade ähnlich ausgefallen wäre.

(9.) Ein nicht minder glücklicher Fund ist *Joseph* bei der Verfolgung der Perkinsschen Regel für den Zuwachs der verschiedenen Gebilde am Glockenrande gelungen. Die durch diese Wachstumsfolge bedingte Abweichung vom streng radiären Bau- und Entwicklungsplan hat *Perkins* als *cyclic symmetry* oder *cyclic sequence* bezeichnet, *Joseph* führt dafür die Termini „zentrische Symmetrie“ und „Phasenverschiebung“ ein. Die Sache ist ohne schematische Figuren schwer zu verdeutlichen; was sich in nackten Worten sagen läßt, ist etwa dies: Es handelt sich, wie das übrigens auch schon von *Friedemann* 1902 bei einem gewissen Stadium in der *Aurelia-Scyphostoma-Entwicklung* nachgewiesen worden ist, im wesentlichen darum, daß alle jene Randgebilde, die nicht streng perradial oder interradianal stehen, also alle außer den vier perradialen und den vier interradianalen Tentakeln, sowie die Randbläschen nicht in der ihnen nach dem geometrischen Schema zukommenden Mindestzahl von gleichzeitig acht für jede Ordnungsstufe, sondern in zeitlich getrennten und örtlich genau definierten „Quartetten“ auftreten. Diese Erscheinung könnte unter zweierlei Formen vor sich gehen. Es können erstens die beiden Quartette z. B. der Subradialen in ihrer Anordnung einem zweistrahlig symmetrischen Typus folgen und in je zwei Paaren zunächst entsprechend der einen, dann entsprechend der anderen Perradialrichtung (Quer- und Hauptebene), die perradialen Tentakel paarweise flankierend, entstehen, was einem zweistrahlig symmetrischen Grundriß entspricht. Dieser Vorgang ist der häufigere. Oder es kann zweitens eine Modifikation sich geltend machen, dahin gehend, daß in jedem Quadranten je ein an identischer Stelle (im Sinne einer geometrischen Kongruenz) stehender Tentakel gleichzeitig erscheint. Dadurch wird in diesen Stadien jegliche Symmetrie der Gesamtanordnung aufgehoben, wir finden eine Anordnung der Randgebilde, welche etwa der Aufeinanderprojektion der Zellkreise beim Spiraltypus der Furchung entspricht. Jede durch das Zentrum des Kreises gelegte Gerade trifft dann zwar identische Gebilde, die wir demnach als zentrisch-symmetrisch bezeichnen dürfen, zu beiden Seiten dieser Punkte ist aber keine spiegelbildliche Gleichheit, also keine Symmetrie der benachbarten Punkte vorhanden. Während aber nun nach *Friedemann* der *Scyphostomapolyp* die Entwicklung seiner subradialen Tentakel alternativ entweder dissymmetrisch oder bloß zentrisch-symmetrisch sich vollziehen lassen kann, zeigen sämtliche Randgebilde bei *Gonionemus* mit selbstverständlicher Ausnahme der die Quadranten- und Oktantengrenzen markierenden und daher einer Beschränkung auf den bloß zentrisch-symmetrischen Zustand nicht zugänglichen, regelmäßig das letztere Verhalten, was namentlich in den späteren Entwicklungsstadien zu einer sehr verwickelt aussehenden Anordnung und Größenmischung der Randgebilde führt. Daß im Rahmen dieses eigentümlichen Wachstums überdies noch eine Bevorzugung je einer von den zwei aufeinander senkrecht stehenden Radiärebenen eines Quartettes in der zeitlichen Aufeinanderfolge, also eine Zerlegung jedes der zentrisch-symmetrischen Quartette in je zwei Paare erfolgen kann, kompliziert die Sache noch mehr. *Perkins* hat

diesen während der Ontogenese von *Gonionemus* zum Ausdruck gelangenden Bautypus, der sich weder der streng radiären, noch der bilateral-, noch der zweistrahlig-symmetrischen Architektur eingliedern läßt, als cyclic symmetry für den morphologischen Zustand und cyclic sequence für die Wachstumsfolge eingeführt. Joseph findet den deutschen Ausdruck *zentrische Symmetrie* treffender und stieß auf der Suche nach einem einfachen Terminus, der den Zustand und den Vorgang gleichzeitig benennen könnte, auf den in der Physik üblichen Begriff der Phasenverschiebung. Das vom geometrischen Standpunkt aus Wesentlichste an einem Gebilde mit bloß zentrischer Symmetrie oder Phasenverschiebung ist also die Tatsache, daß zwei benachbarte Sektoren (hier Quadranten) nicht im Verhältnis spiegelbildlicher Gleichheit (Symmetrie) stehen, sondern bloß untereinander und mit allen andern kongruent sind. Um Vergleichsobjekte dieser Anordnung aus anderen Gebieten zu nennen, sei etwa an einen Schiffspropeller, eine Turbine oder ein gewöhnliches Wasserrad, an die Zusammenfaltung mancher Blüten in der Knospe, z. B. bei den Gentianaceen, erinnert.

„Findlinge“ — als biogeographischer Begriff. Bei der Durchsicht geographisch geordneter Museumssammlungen (und gelegentlich auch einmal im Freien) stößt der biologische „Systematiker“ zuweilen auf Arten, deren Vorkommen in dem betreffenden Faunengebiet sofort befremdet. So enthält die Krebsammlung des Landesmuseums von Agram ein männliches Exemplar des Decapoden *Thenus orientalis* (Fabr.), das auf Grund der beigegebenen Bezeichnung im Hafen der Petroleumraffinerie von Fiume gefangen wurde, nach unserer bisherigen Kenntnis aber ausschließlich im indopazifischen Gebiet und im Roten Meere zu Hause ist. Und in der gleichen Sammlung findet sich ein Weibchen von *Neptunus sanguinolentus* (Herbst), das ebenfalls bei Fiume erbeutet wurde, und bis dahin nur aus dem Roten Meere und dem Stillen Ozean bekannt geworden war. Einen dritten merkwürdigen Krebsfund weist das Wiener Hofmuseum nach; ein eiertragendes Weibchen von *Platymaia wyvillethompsoni* Miers, das bei Cattaro gesammelt wurde und sonst nur der Tiefseefischerei aufgestoßen war, dem Challenger bei den Admiralitätsinseln, dem Investigator im Andamanenmeer, der Valdivia nahe der ostafrikanischen Küste usw., aber noch niemals in der Adria gesehen wurde.

Lassen sich solche außergewöhnlichen Funde als Verwechslungen bei der Bezeichnung der Exemplare aufklären, so haben sie natürlich keinerlei Bedeutung mehr, ist jedoch der Fundort einwandfrei sichergestellt, so fragt es sich, wie kommt das faunenfremde Element an den neuen Ort? „Die zunächstliegende Erklärung hierfür hat bereits der kroatische Forscher Babic (1913, bei der Erörterung der beiden erstgenannten Krebsfunde) angeführt: die gelegentliche Verschleppung durch Schiffe. Sie mag (meint Dr. Otto Pesta in seinem Werk über die Decapodenfauna der Adria [1918, Seite 459] zustimmend) für die erwähnten Zehnfüßkrebse aus dem Golfe von Fiume und der Bocche di Cattaro gelten, da es sich hier um Punkte größeren Handelsbetriebes und Schiffverkehrs handelt.“ Und Dr. Pesta fügt hinzu: „Mit der Bezeichnung „Findling“ dürften solche Exemplare vielleicht am prägnantesten charakterisiert sein; das rein „Gelegentliche“ ihres einmaligen Auftretens im Gebiete ist dadurch besonders hervorgehoben.“ Vermutlich auch ein adriatischer Find-

ling ist die bisher nur ein einziges Mal in der Adria aufgefunden Krabbe *Uca coarctata*, deren Verbreitungsgebiet im Pazifischen Ozean liegt.

„Von den genannten Findlingen nicht immer sofort und leicht zu unterscheiden werden jedoch jene Formen sein, deren Vorkommen in einem nächst anstoßenden Meeres- bzw. Faunengebiet vollkommen sichersteht, während sie für die in Frage kommende Fauna bisher noch nicht bekannt waren; hier kann es sich unter Umständen tatsächlich um *Immigranten jüngsten Datums* handeln. Ein solcher Fall scheint z. B. bei *Pirimela denticulata* (Montagu) aus der Familie der Cancridae vorzuliegen, welche vom Mittelmeergebiet aus in den Suezkanal vordringt, also heute auch zur Decapodenfauna des Roten Meeres gerechnet werden muß, obwohl sie dort bisher nicht bekannt war.“

Unlösbar scheint zurzeit die Frage, ob die von Heinrich Joseph kürzlich in einem mit Adriawasser beschickten Wiener Seewasseraquarium entdeckte Meduse *Gonionemus*¹⁾ ein adriatischer Findling ist oder als Einwanderer aus einem benachbarten Meeresabschnitt bewertet werden muß — oder einfach nur eine „Seltenheit“ schlechthin vorstellt. Für Joseph selbst unterliegt es nicht dem geringsten Zweifel, daß die bisher nur aus exotischen Meeren bekannte Medusengattung auch der adriatischen Fauna, höchstwahrscheinlich sogar der des Triester Golfes angehört, er findet es jedoch auch wieder in mehrfacher Hinsicht auffallend, daß sein Tier „in freiem Vorkommen bisher der Aufmerksamkeit entgangen ist, zumal die reifen Zustände des Genus eine immerhin ansehnlichere Größe und die Art ihres Vorkommens in Seichtwasser und abgeschlossenen Tümpeln usw. gewiß ein Übersehen unwahrscheinlich macht.“ Daher ist es wirklich verwunderlich, daß das Tier bei seiner sicher litoral-benthonischen Lebensweise bisher der Aufmerksamkeit der Zoologen an seinem natürlichen Standorte entging. Doch ließe sich dies immerhin noch mit einem lokal stark beschränkten Vorkommen erklären. Es könnten sehr wohl irgendwelche halb abgeschnürte Buchten, Lagunen oder „rock pools“ die bevorzugte Heimat unseres Tieres sein. Die Annahme endlich, daß die sitzende Meduse selbst oder ein Ruhestadium des Tieres durch den Schiffsverkehr aus Amerika, Japan oder Indien nach Triest verschlagen worden sei, liegt natürlich auch nicht völlig außerhalb des Möglichkeitsbereiches, aber auch dann bliebe das mindestens fünfjährige Intervall vom letzten marinen Zuschuß zu dem Beckeninhalte bis zur Entdeckung der jugendlichen Meduse genau so aufklärungsbedürftig wie in einem anderen Falle, und überhaupt wäre die gerade zu einem solchen Ereignis erforderliche Häufung von günstigen Zufällen praktisch einer Unmöglichkeit gleichzusetzen. Besonders wichtig aber erscheint es mir, daß meine Adriaform, soweit die teilweise recht wenig ausführlichen Diagnosen der bereits beschriebenen Spezies und unsere beschränkte Kenntnis der Jugendstadien darauf zu schließen gestattet, von den bisher bekannten spezifisch verschieden ist.“

Krumbach.

Berichtigung.

In dem Aufsatz: Die Entwicklung des Sehrohres für Tauchboote (Heft 44 und 45) fehlt Seite 806, Fig. 2. Prisma P_2 , und Seite 827, Fig. 12, Prisma P_1 , je eine Gerade, die andeuten soll, daß diese Prismen eine „Dachfläche“ haben.

H. Ertle.

1) Siehe Seite 939.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 50 (Seite 943—972)

12. Dezember 1919.

Siebenter Jahrgang.

DEM ANDENKEN

AN

ERNST HAECKEL

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 86.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	12	24	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Einführung in die Experimentalzoologie

Von Professor Dr. **Bernhard Dürken**

(Zoologisch-zootomisches Institut der Universität Göttingen)

X u. 446 Seiten — Mit 224 Textabbildungen

Preis M. 28.—; gebunden M. 32.—*)

Inhaltsübersicht.

Erstes Kapitel. Einleitung.

I. Umgrenzung und Einteilung des Gebietes. — 2. Berechtigung der kausalen Fragestellung; ihr Verhältnis zu Konditionismus und Teleologie.

A. Erster Hauptteil.

Versuche über Individualentwicklung. Die Faktoren der Embryonalentwicklung. Das Idioplasma im isoliert betrachteten Individuum.

I. Der Beginn der Embryonalentwicklung. Entwicklungserregung. Befruchtung und Parthenogenese.

Zweites Kapitel. a) Die künstliche Besamung. b) Die Annäherung und das Eindringen des Spermatozoon. c) Das Wesen der Befruchtung. d) Zusammenfassung.

II. Die äußeren Faktoren der Embryonalentwicklung.

Drittes Kapitel. a) Der Einfluß äußerer Faktoren auf die ersten Entwicklungszustände. b) Der Einfluß äußerer Faktoren auf spätere Entwicklungszustände und auf das Wachstum.

III. Die inneren Faktoren der Embryonalentwicklung.

Viertes Kapitel. a) Die Potenz der Furchungszellen.

Fünftes Kapitel. b) Die Wechselbeziehungen der Teile als Entwicklungsfaktoren. Relation und Korrelation.

Sechstes Kapitel. c) Die Wiedererzeugung verlorener Teile: Die Regeneration und ihre Bedeutung für die Beurteilung des Entwicklungsgeschehens.

Siebentes Kapitel. d) Das Verhalten isolierter und künstlich verbundener Teile. Explantation und Transplantation.

IV. Einteilung und Wirkungsweise der Entwicklungsfaktoren.

Achtés Kapitel. a) Die Wertigkeit der Faktoren.

b) Die Art der Wirksamkeit der Faktoren. c) Der Satz von der Gleichnotwendigkeit (Aequinecessitas) der Faktoren. d) Die Nichtvertretbarkeit der Faktoren. e) Die Bildungsreize. f) Die erbgleiche Kernerzeugung. g) Verhältnis von Selbstdifferenzierung und abhängiger Entwicklung. h) Die elastische Bindung der Korrelation. i) Der primäre Entwicklungsmodus.

B. Zweiter Hauptteil.

Das Idioplasma im Zusammenhange der Generationen. Die Vererbung.

I. Die Mendelsche Vererbungstheorie.

Neuntes Kapitel. a) Die Lokalisation des Idioplasmas. Der Gametenkern als Vererbungsträger. b) Einführung einiger wichtiger Begriffe. Genotypus und Phänotypus. c) Kreuzungsversuche. d) Zusammenfassung.

II. Die Vererbung und Bestimmung des Geschlechts.

Zehntes Kapitel. a) Die Geschlechtsvererbung als ein Spezialfall der Mendelschen Vererbung. b) Die Geschlechtsbestimmung.

III. Die Veränderbarkeit des Idioplasmas und die Erwerbung neuer Anlagen.

Elftes Kapitel. a) Theoretische Vorbemerkungen und Fragestellung. b) Versuche über Vererbung erworbener Eigenschaften. c) Theoretische Schlußbetrachtung und Ausblick auf das Problem der mero-genen somatischen Induktion.

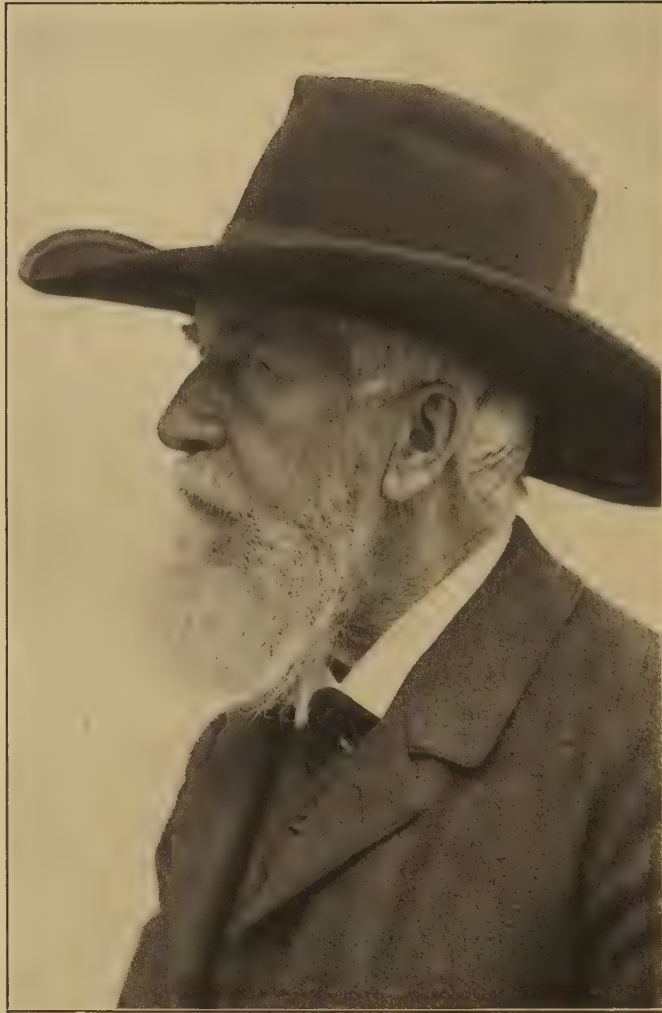
Literaturverzeichnis — Namen- und Sachverzeichnis.

*) Hierzu 10 0/0 Teuerungszuschlag gemäß den Bestimmungen des Börsenvereins der deutschen Buchhändler

949

1

2



Mit Genehmigung von Carl Zeiß in Jena

Ernst Haeckel.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

12. Dezember 1919.

Heft 50.

DEM ANDENKEN

AN

ERNST HAECKEL

INHALT:

	Seite
Ernst Haeckel. Ein Wort der Erinnerung, gesprochen zur Eröffnung des Kollegs am 1. Oktober 1919. Von <i>Karl Heider, Berlin</i>	945
Ernst Haeckel als Mensch und Lehrer. Von <i>Johannes Walther, Halle</i>	946
Haeckels Verdienste um die Zoologie. Von <i>Richard Hertwig, München</i>	951
Haeckel als Philosoph. Von <i>Th. Ziehen, Halle</i>	958
Die Schriften Ernst Haeckels. Zusammengestellt von <i>Thilo Krumbach, Rovigno</i> . .	961
Ernst Haeckels Person und Werk im Urteil der Zeitgenossen. Zusammengestellt von <i>Thilo Krumbach, Rovigno</i>	966

Ernst Haeckel.

Ein Wort der Erinnerung, gesprochen zur Eröffnung des Kollegs am 1. Oktober 1919.

Von Karl Heider, Berlin.

Meine Damen und Herren!

Bevor ich auf den Gegenstand unserer Beschäftigung in diesem Semester eingehe, nehme ich Anlaß, eines Ereignisses zu gedenken, das mir ungemein nahe geht und mich in der letzten Zeit vielfach im Geiste beschäftigt hat.

Ernst Haeckel hat den Kreis der Lebenden verlassen. Ich bin nun allerdings nicht darauf vorbereitet, heute seiner vielumfassenden Persönlichkeit gerecht zu werden, aber es ist mir ein persönliches Bedürfnis, auszusprechen, daß er auf meine geistige Entwicklung den größten Einfluß genommen hat, daß er für mich Richtung gebend geworden ist und daß ich ihm hierfür ewig dankbar sein werde. Wie mir, ist es allen gegangen, die der gleichen Generation angehören. *Haeckel* war unser gemeinsames Vorbild, er war die Quelle, aus der wir stets aufs neue großzügige allgemeine Gesichtspunkte, neue Fragestellungen, Belehrung und Begeisterung schöpften.

Es ist heute überhaupt noch nicht möglich, seiner Bedeutung gerecht zu werden, heute, da sein Bild noch von der „Parteien Gunst und Haß verwirrt“ vor uns steht. Was an ihm sterblich war, wird mit ihm begraben werden und immer mehr wird seine Gestalt in ihrer wahren unvergänglichen Größe sich vor uns enthüllen. Wenn wir ihm nahestehen, weil er unser Fachgenosse, weil er ein Führer auf dem Gebiete unserer Wissenschaft war, so dürfen wir die vielen anderen Betätigungen seiner rastlos arbeitenden Natur nicht übersehen. *Haeckel* als Philosoph, als Mann der Welträtsel, als Begründer des Monismus, *Haeckel* als Künstler, als wissenschaftlicher Reisender und als deutscher Klassiker. Er steht im direkten Anschlusse an die große klassische Periode unseres Volkes, an *Goethe* und *Alexander von Humboldt*. Wie diese, war er ein geistiger Führer unserer Nation. Und wie der Körper seiner geliebten Radiolarien Strahlen nach allen Richtungen entsendet, so gingen von seiner glänzenden Persönlichkeit Geistesstrahlen nach den verschiedensten Richtungen aus. Seiner Universalität war es unmöglich, sich auf einen einzigen Bezirk einzuschränken.

Haeckel kann als Schüler von *Johannes Müller* bezeichnet werden. Es scheint ein großer Gegensatz im Wesen der beiden Männer bestanden zu haben. Während nach allem, was ich von Leuten erfahre, die noch mit *Johannes Müller* verkehrten, ein strenger Ernst

die rastlose Tätigkeit dieses großen Mannes begleitete, hatte *Haeckel* etwas Sonnenhaftes, Freudebringendes in seinem Wesen. Als Mann unserer Wissenschaft ist *Haeckel* ebenso groß nach der theoretischen wie nach der beobachtenden Richtung. Von seinen theoretischen Leistungen steht mir vor allem seine generelle Morphologie vor Augen. Sie ist mit seinem Herzblute geschrieben in jenem Jahre 1864, als ihm seine Gattin, die Genossin seiner glücklichen Jugend, durch plötzlichen Tod entrissen worden war. Die generelle Morphologie hat für unsere Wissenschaft für mehr als 30 Jahre die Grundlagen vorgezeichnet. Ich möchte Sie auffordern, dieses Werk zur Hand zu nehmen und Zeile für Zeile mit Andacht durchzulesen. Frühzeitig hat *Haeckel* die Bedeutung der Entwicklungsgeschichte für das Verständnis der Organismen erkannt. Seine Formulierung des biogenetischen Grundgesetzes, seine Gastraea-theorie, seine Beschäftigung mit der Keimblätterlehre waren von dem größten Einfluß auf die Entwicklung unserer Wissenschaft, und schließlich ist es ja bekannt, welche führende Rolle *Haeckel* übernahm in einer Zeit, in der die Lehren *Darwins* alle Geister aufregten. *Haeckel*, welcher die neue Lehre mit Enthusiasmus erfaßte, hat ihr Gedankengebäude systematisch geordnet und der schulmäßigen Behandlung zugeführt. *Haeckels* spezielle Studien sind in einer Reihe großzügiger Monographien von künstlerischer Vollendung niedergelegt. Sie beschäftigen sich mit den Radiolarien, den Medusen und den Kalkschwämmen, wozu noch zahlreiche andere Mitteilungen kommen. *Haeckel* hat die Erkenntnis dieser Tierstämme durch großzügige Zusammenfassungen und durch die Beschreibung unzähliger neuer Formen — worunter viele sehr wichtige — bereichert. Nur eine ungeheure übermenschliche Arbeitskraft konnte dies Material beherrschen und bewältigen.

Wer vieles bringt, wird auch vielen Reibungen ausgesetzt sein. *Haeckel* hat im Verlaufe seines langen arbeitsreichen Lebens vielfach Anfeindungen erfahren. Man hat ihm Flüchtigkeiten vorgeworfen. Man hat gesagt, daß er über Dinge urteile, die er nur halb verstanden oder geistig durchgearbeitet habe. Wie kleinlich erscheinen diese Vorwürfe jetzt, da er vollendet vor uns steht! Das Beste über *Haeckel* hat vor Jahren zu mir ein geistvoller Freund gesprochen, indem er unter freier Anlehnung an ein Bibelwort sagte, von ihm gelte der Satz: „Weil, dir wird viel vergeben werden; denn du

hast viel geliebt“. Das trifft den Kern seines Wesens. Er war innerlich durchglüht von hoher, flammender Begeisterung. Das Größte in der Wissenschaft ist aus dieser Quelle entsprungen. Wir arbeiten nicht bloß mit unserem Kopfe, mit unserem Auge und unserer Hand, sondern auch mit unserem Herzen. Möge ein Funken von jener wahrhaft enthusiastischen Liebe in uns allen als Erbe *Haeckels* erhalten bleiben.

Persönlich war *Haeckel* fern von jeder

Eitelkeit, von großer Herzensgüte und wahrem Wohlwollen, stets geneigt, Verdienste anderer anzuerkennen und jüngere Kräfte aufzumuntern. Aus allen seinen Worten ging eine Fülle von Anregungen aus. Er brauste wie ein Sturmwind durch das Institut. *Haeckel* war von kindlicher Naivität. Die Einfachheit seines Wesens war das Zeichen wahrer Größe. Die Erinnerung an ihn ist mir ein heiliges Vermächtnis.

Ernst Haeckel als Mensch und Lehrer.

Von Johannes Walther, Halle.

Als im vergangenen Sommer *Ernst Haeckel* in seinem 85. Lebensjahr nach kurzem Kranklager aus dem Leben schied, da las man selbst im kleinsten Blättchen, daß einer der größten Naturforscher und einer der mutigsten Vorkämpfer für die Freiheit des Denkens gestorben war.

Aber seine Persönlichkeit war der Gegenwart fremd geworden und wie eine gewaltige halb entblätterte Eiche ragte er aus der Vergangenheit in unsere Zeit hinein.

Was er einst zuerst gedacht und ausgesprochen oder im bitteren Kampfe hatte verteidigen müssen, das ist jetzt Gemeingut aller Gebildeten geworden, und von der Fülle schöpferischer Gedanken, mit denen er nicht nur die biologischen Wissenschaften, sondern auch zahlreiche verwandte Disziplinen befruchtet hatte, können sich nur diejenigen Rechenschaft geben, welche die Geschichte der Wissenschaften seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts miterlebt oder verfolgt haben.

Wenn heute der Entwicklungsgedanke die selbstverständliche Voraussetzung aller geistigen Arbeit ist, wenn die Verwandlung der Atome uns heute nicht mehr befremdet, als damals die Verwandlung der Arten, wenn ein biologisch-gegliederter Unterricht jetzt schon in der Volksschule erteilt werden darf, wenn selbst die schöne Literatur unter dem zwingenden Einfluß des Werdens und Vergehens steht, so hat *Ernst Haeckel* auf diese Neuordnung der Geister den erfolgreichsten Einfluß gehabt.

Für die Vielen war freilich *Haeckel* nur „der Professor, der zuerst den Affen als Ahnen des Menschen“ erklärt hatte. Sie kannten nicht seine gründlichen fachwissenschaftlichen Arbeiten, die ihm, mit einer einzigen Ausnahme, die Mitgliedschaft aller deutschen Akademien sowie fast aller angesehenen wissenschaftlichen Körperschaften der Welt errungen hatten. Weite Kreise sahen in ihm nur den Ketzer, der die Religion bekämpft habe, und wußten nicht, daß der vielgeschmähte Gottesleugner ein tiefreligiöser Gottessucher gewesen war und daß derselbe Mann, dem man eine „wissenschaftliche Fälschung“ glaubte vorwerfen

zu dürfen, stets der edelste und offenste Wahrheitsfreund war, der jedes Opfer brachte, wenn es galt, das Wahre zu entdecken und zu verteidigen.

Als Sohn eines willensstarken, vielseitigen Verwaltungsbeamten und einer klar denkenden, warmherzig fühlenden Mutter am 16. Februar 1834 zu Potsdam geboren, verlebte er schon seine Jugend an den Ufern des lieblichen Flusses, an dem sein Leben ausklang. Der kleine Knabe antwortete auf die Frage, was er werden wolle, „ein Reiser“. Schon auf dem Domgymnasium zu Merseburg war er ein eifriger Botaniker und legte sich neben dem Herbarium der „guten Spezies“ ein solches der variierenden „schlechten“ Arten an. Seine glänzend geschriebenen, inhaltsreichen Aufsätze, sein jugendlicher Freimut und sein allem Schönen offenes Herz zeichneten ihn schon damals aus, und er gedachte nach Abschluß der Schule in Jena bei *Schleiden* zu studieren, als ihn ein Gelenkrheumatismus, den er sich beim Sammeln von Wasserpflanzen zugezogen hatte, auf das Krankenbett warf. Noch in seinem späteren Leben haben rheumatische Anfälle ihn wiederholt heimgesucht und sogar manche Reisepläne vereitelt.

Um sich bei seinen beschränkten Mitteln jederzeit den Lebensunterhalt erwerben zu können, widmete er sich zunächst dem Studium der Medizin in Berlin, Würzburg und Wien und war mehrere Semester Assistent seines späteren Gegners *Virchow*, dessen Zellulärpathologie großen Einfluß auf sein Denken hatte; aber von entscheidenderer Bedeutung wurden sein Lehrer *Johannes Müller* und sein Jugendfreund *Carl Gegenbaur*.

Nachdem er sein Studium in Wien abgeschlossen und in Berlin promoviert hatte, ging er für ein Jahr nach Italien, und es ist für seine vielseitige Begabung bezeichnend, daß er hier schwapkte, ob er Zoologe, Botaniker, Forschungsreisender oder Maler werden solle. Aber bei Messina fand er bald in den zierlichen Radiolarien, die dort eine Meeresströmung aus der dunklen Tiefsee in die sonnige Oberschicht em-

porträgt, ein neues Forschungsgebiet, das ihn als Zoologen wie als Künstler in gleicher Weise fesselte.

Auf *Gegenbaurs* Veranlassung habilitierte er sich 1861 in Jena und blieb der Thüringer Hochschule bis zu seinem Lebensende treu. Hier fand er sein häusliches Glück, hier baute er sich an der, später nach ihm benannten, Straße seine Villa Medusa, hier gewann er sich seinen engen Freundeskreis, hier begeisterte er die große Schar seiner Schüler, hier lebte er vom frühen Morgen bis zum späten Abend in stiller Zurückgezogenheit seiner Arbeit; von vielen kaum gekannt und doch jedem imponierend, der die gewaltige Reckengestalt, den Riesenhut auf dem schönen Haupt, mit großen Schritten durch die Straßen eilen sah.

Um so häufiger sah man ihn auf-nahen und fernen Bergen, von wo sein Künstlerblick in die Runde schweifend, alle die großen und kleinen Schönheiten des Himmels und der Erde bewunderte.

Daß in *Haeckel* ein Künstler von Gottes Gnaden steckte, sah man nicht nur an seinen zahllosen, mit feinem Silberstift gezogenen Zeichnungen oder seinen mit Aquarellen aus allen bereisten Ländern gefüllten Mappen, man las es auch aus seinen Schilderungen des Sonnenaufganges auf dem Pik von Teneriffa, der Korallenriffe von Tor, des indischen Volkslebens oder des formenreichen Urwaldes von Java, man erlebte es, wenn er nicht müde wurde, die Schönheiten des heimischen Saaltales zu preisen.

Unvergeßlich ist mir eine Wagenreise mit *Haeckel* durch den Kaukasus. Wie entzückten ihn die düsteren Felsentäler, die genzianübersäten Matten, die blauen Gletscher und die schneebedeckten Vulkane. Vor Sonnenaufgang war er schon munter, und während ich am offenen Herd einer Karawanserei den Morgentrank bereitete, plätscherte der 63-jährige schon in den eiskalten Fluten des Terek. Wo wir Rast hielten, saß er bald an der Staffelei, um mit raschem Pinsel die prächtigen Landschaftsbilder festzuhalten, und jeder erreichbare Berg wurde erstiegen, um die herrliche Gebirgswelt zu bewundern.

Ebenso genoß sein Künstlerauge die Schönheit der Radiolarien, Medusen und Siphonophoren, wenn er für seine Monographien deren Organe zergliederte, und am Schlusse seines Lebens faßte er in dem großangelegten Bilderwerk „Die Kunstformen der Natur“ den Reichtum des organischen Formenschatzes zusammen. Sein geschickter Gehilfe bei allen bildnerischen Arbeiten war der treffliche Lithograph *Giltisch*, dessen sorgfältige Technik freilich oft den packenden Eindruck von *Haeckels* Pinselzug schematisierte.

Kein Wunder, daß Künstler wie *Lenbach*, *Max* und *Stuck* den Naturforscher als einen ihresgleichen betrachteten und uns sein geistvolles Antlitz mit dem beredten Mund und dem sieg-

haften Auge in lebenswahren Studien erhalten haben.

Sein Eintritt in den Lehrkörper der Universität Jena war ein Ereignis für die kleine Hochschule. Zwar lehrten eine Reihe hervorragender Dozenten in allen Fakultäten, aber rasch wurden ihre glänzenden Lehrerfolge durch den jungen Zoologen in den Schatten gestellt. Denn so kühne Worte hatte man seit *Fichte* nicht vom Katheder vernommen, und so glänzend hatte seit *Schleiermachers* Weggang kein Naturforscher gesprochen. Schon ein Titel wie „Natürliche Schöpfungsgeschichte“ wirkte wie ein Feuerbrand auf die Gemüter, und wenn *Haeckel* noch in späteren Jahren durch seine machtvolle Persönlichkeit alle Hörer in Bann hielt — wie muß er auf sein Auditorium gewirkt haben, solange noch die bezaubernde Frische der ungestümen Jugend den ideal schönen Mann schmückte.

Kein Wunder, daß seine Vorlesungen überfüllt waren, daß Zuhörer aus allen Fakultäten zu seinen Füßen saßen, an seinen beredten Lippen hingen und von seinen revolutionären Ideen gepackt wurden.

Die alteingesessenen berühmten und unberühmten Kollegen sahen mit Befremden, welchen Einfluß der rücksichtslos gegen altgeheilte Dogmen kämpfende Dozent unter den Studierenden gewann, und der Theologe *S.* beklagte sich darüber beim Rektor der Universität, dem Großherzog Karl Alexander. Der feinsinnige Fürst entgegnete: „Glauben Sie, daß *Haeckel* das für wahr hält, was er lehrt?“, und erwiderte, als *S.* dies bejahen mußte: „Dann soll er ungestört in Jena bleiben, hier schadet er noch am wenigsten.“ *Haeckel* hat seinem Gönner dies mutige Wort nie vergessen, und wenn er auch Orden und Titel immer ablehnte, so nahm er doch die „Exzellenz“ von dem Manne an, der ihn einst so hochsinnig geschützt hatte.

Seinem Gegner hat er diesen Angriff bald verziehen, aber wenn er nach Jahren von einer Wanderung durch die Saalaua heimkehrte und der *Grex pratensis* seine heisere Stimme durch die stille Nacht ertönen ließ, dann sagte er wohl launig: „Dort geht der Geist des Professors *S.* um, der keine Ruhe im Grabe finden kann und immer noch über mich schilt.“

Sein ganzes Leben lang wurde *Haeckel* von fanatischen Gläubigen in giftigen Briefen, häßlichen Postkarten und gedruckten Schmähchriften so oft gekränkt, daß man wohl begreifen kann, wenn er manchmal mit beißendem Hohn darauf antwortete. Aber der vielangegriffene „Religionsfeind“ war im Grunde seiner Seele ein tiefreligiöses Gemüt, dessen Pantheismus die Grundlage für ein reines Empfinden und edles Handeln bildete, und er verkehrte selbst gern mit Geistlichen, sobald er sich überzeugt hatte, daß ihre Frömmigkeit echt, opfermutig und tolerant war.

Haeckel war kein Redner, der lange und schöne Perioden baute, und seine etwas schrill und

hoch klingende Stimme überraschte an der großen Gestalt. Aber das Feuer, das in seinem Herzen brannte, aus seinen blauen Augen blitzte und von seinen beredten Lippen ausging, entzündete die Herzen seiner Zuhörer, und der Mut, mit dem er alle seine Gedanken aussprach, wirkte vorbildlich auf jeden.

Mit charakteristischen Kreidestrichen erläuterte er seine Worte an der Wandtafel, eine große Zahl von selbstgezeichneten Tabellen und Bildern belebten den Unterricht, und so wurden die Kolleghefte je nach der Begabung des Schülers zu figurenreichen Aufsätzen.

Besonders bezeichnend für seine Vorlesungen war der breite Raum, den er der Geschichte der Probleme widmete. Von den griechischen Naturphilosophen durch das „finstere“ Mittelalter bis Kant und Goethe zogen die Denker der Vergangenheit an unseren Augen vorüber; jeder mit prägnanten Strichen umrissen und mit lebendigen Worten gestaltet. Nur die Naturphilosophen an der Wende des Jahrhunderts liebte er nicht, und die „Lebenskraft“ konnte ihn selbst gegen große Gelehrte ungerecht machen, welche mit diesem Prinzip biologische Vorgänge hatten erklären wollen. Wenn wir nach der Vorlesung an Oken's Herme auf dem Graben vorbeigingen, erschien uns der Kopf des geistvollen Naturforschers wie ein bedeutungsloser Schemen.

Sein Held war Goethe, den er für einen Vorläufer Darwins hielt, dessen Leben und Dichtungen ihn begeisterten und dessen Worte als Motto in seinen Schriften immer wiederkehren. Die kongeniale Künstlernatur Haeckels sah in der Metamorphose der Pflanzen die organischen Gestaltungsgesetze ausgesprochen, welche die Mannigfaltigkeit der äußeren Form bestimmend ändern, und was Goethe in Italien und Thüringen mit offenem Auge geschaut und gestaltet hatte, das begeisterte auch Haeckel durch sein ganzes reiches Leben hindurch.

Aber unter den Naturforschern stand natürlich Darwin an erster Stelle, dessen Ruhm von Haeckel begründet wurde, während die Übersetzung seiner Werke durch V. Carus ihm in Deutschland einen Einfluß gab, wie er ihn in keinem anderen Lande der Welt, selbst nicht in England gewann. Bekannt ist es, wie auch Darwin durch Haeckels geistvolle Ausarbeitung des Entwicklungsgedankens zu immer weiteren neuen Ideen gedrängt wurde und wie oft hierbei der Fahnenträger die Führung übernahm.

Anpassung und Vererbung wurden in Haeckels Gedankenreich zu großen Kausalitäten von fast mystischer Kraft, und während er in seinen Monographien die wunderbaren Ausgestaltungen dieser Ursachen in allen Einzelheiten verfolgte, verlor er den Sinn für andere, nach heutiger Auffassung nicht minder wichtige Ursachen. So wurde Haeckel ungerecht gegen manche neuauftretende Idee, und indem er dem fremden Ge-

danken entgegentrat, erschien ihm dessen Vertreter wie ein persönlicher Feind.

Die Kämpfe, welche Haeckel um Entwicklungs- und Selektionslehre führte, hätten gewiß nicht so bittere und rücksichtslose Form angenommen, wenn nicht ein Privathrief an den Astronomen Zöllner, in dem sich Haeckel mehr als offen über eine Anzahl deutscher Naturforscher äußerte, von diesem ohne Haeckels Erlaubnis abgedruckt worden wäre. Die Wirkung dieser Indiskretion war für den Schreiber ebenso tragisch wie für die Angegriffenen. Denn sie blieben einander dauernd entfremdet, und es entstand eine Flut von bitteren Streitschriften, in denen wissenschaftliche, ethische und persönliche Motive miteinander verschränkt, die deutschen Biologen von Haeckel abdrängten.

Neben dem auf Verehrung beruhenden Freundschaftsbund mit Darwin gewann vor allen der Schotte John Murray nachhaltigen Einfluß auf Haeckel, indem er ihm nach der Rückkehr von der Challengerreise das wunderbare Tiefseematerial zur Verfügung stellte, dessen Bearbeitung Haeckel lange Jahre vollkommen in Anspruch nahm. Ein anderer hätte vielleicht Teile desselben durch seine Schüler bearbeiten lassen und damit eine große Anzahl von Dissertationen abzweigen können. Aber Haeckel hatte keine besondere Freude an einem größeren Laboratoriumsbetrieb, und viele bei ihm entstandene Promotionsschriften behandelten nur ein theoretisches Problem aus dem Gebiet der Entwicklungslehre oder seiner Generellen Morphologie.

Dagegen liebte er die praktischen Übungen, die er im Anschluß an die Vorlesungen am Sonntagvormittag veranstaltete. Sein hier zuerst ausgebildeter Lehrgang ist dann durch seine Schüler weiter ausgearbeitet und verbreitet, vorbildlich für das zoologische Praktikum an unseren Universitäten geworden.

So gern es Haeckel sah, wenn sich seine Schüler in Fragen des Lebens, des Studiums und der Weltanschauung an ihn wandten, und so offen und hilfsbereit er jedem half, trat er doch den Studierenden auch im Praktikum nicht eigentlich persönlich nahe. Man liebte und bewunderte die überragende Persönlichkeit und fühlte doch immer den großen Abstand gegenüber seiner Höhe. Selbst bei Einladungen in seinem Haus kam man über diese Respektgrenze nicht leicht hinweg. Wer Haeckel in seiner ganzen schlichten Größe kennen lernen und den Zauber seiner Persönlichkeit erleben wollte, der mußte ihn auf der „Schweizerhöhe“ oder im „Referierabend“ sehen.

Auf der kleinen Bergschenke am Steilrand des Tatzend sammelte sich jeden Dienstag um ihn eine Anzahl befreundeter Kollegen und Schüler mit ihren Frauen und Töchtern, und die Seele dieses intimen Kreises war Haeckel. Hier klang sein glockenhelles Lachen, hier stritt er sich launig mit jung und alt, erzählte Erinnerungen aus seinem Leben, schwärmte von arabischen Ko-

rallen oder indischen Palmenwäldern und konnte sich doch wieder nicht genug tun in der Bewunderung des geliebten Saaltales, wenn die untergehende Sonne die kahlen Abhänge der Kernberge mit ihrem Purpur beleuchtete. Hier wurden von ihm und seinen Schülern Reisepläne entworfen, und wer dann aus Turkestan, Arabien, Spitzbergen, Mexiko, Australien oder Java heimkehrte, der mußte in dem engen Freundeskreis zuerst von seinen Erlebnissen berichten, bevor er vor den kritischen Damen der Universität seinen großen Vortrag auf der „Rose“ hielt. *Haeckel*, der sonst nie ein Gasthaus besuchte, schwelgte hier in Rostbräuten und „Truthahn“, trank vor dem Kümmel-Lichtenhainer sogar den obligaten Kümmel, und wenn sein Freund *W. Müller* die würzige Maibowle mit Kumarin gemischt hatte, dann stieg die Lust auf den höchsten Gipfel.

Ganz anderer Art und doch auch völlig im Banne von *Haeckels* großzügiger Persönlichkeit verlief der „Referierabend“ im Kreis von 12 Naturforschern und Medizinern, die sich allmonatlich in einem Hause versammelten, wo der Hausherr einen Vortrag aus seinem Forschungsgebiet hielt, an den sich eine lebhafte Diskussion anschloß. Hier war es immer wieder *Haeckel*, der jedem, selbst dem entferntesten Thema eine neue wertvolle Seite abzugewinnen vermochte, und während des folgenden Essens, unter dem Vorsitz der Hausfrau, sprühte *Haeckel* ein Feuerwerk von Gedanken, Ideen und Anekdoten. Wenn aber der Senior des Kreises die Uhr zog und mit ernster Miene verkündete: „Signori sono gli undici“, dann ging man rasch auseinander, und durch die stillen Straßen schallte noch *Haeckels* lachende Stimme.

Für Politik und politisches Parteiwesen zeigte er wenig Interesse, aber sobald irgend eine Bewegung die Freiheit der Forschung, des Denkens oder des Unterrichts bedrohte, stand er in vorderster Kampffront.

1892 hatte der preußische Minister v. Z.-T. einen Schulentwurf eingebracht, dessen reaktionäre Gesinnung in den weitesten Kreisen der Gebildeten Erbitterung erregte. Im Kampfe gegen diesen Versuch, den Schulunterricht zu knebeln, trat *Haeckel* in die erste Linie. Aber seine zu heiterem Scherz gestimmte Natur wußte dem bitteren Ernst der politischen Lage auch eine lustige Seite abzugewinnen. Der naturwissenschaftliche Verein Studierender, dem er seine besondere Zuneigung schenkte, feierte sein Stiftungsfest, auf dem *Haeckel* mit seinem getreuen Famulus *Pohle* erschien, der ein großes, verhülltes Paket trug. Im Laufe einer geistsprühenden Rede hob er die Hülle und demonstrierte ein aus Knochen, Küchenabfällen und alten Handschuhen zusammengesetztes, dem Aussterben geweihtes Fabelwesen, dessen zoologischen Bau er als „Z-T-ia incredibilis“ unter schallendem Gelächter erläuterte.

So eng der Kreis war, in dem *Haeckel* in

Jena verkehrte, so vielgestaltig waren seine Beziehungen zu Gleichgesinnten oder Gleichstrebenden in der ganzen Welt. Wenn es möglich wäre, die Tausende von Menschen zu überblicken, die sich in wissenschaftlichen, politischen oder religiösen Zweifelsfragen an *Haeckel* schriftlich wandten oder ihn persönlich aufsuchten, so würde wohl eine Gemeinde heterogener Glieder zusammentreten. Fürsten und Tagelöhner, weltberühmte Gelehrte und junge Gymnasiasten, nachdenkliche Zweifler und unverstandene Frauen, grübelnde Sonderlinge und abenteuerliche Phantasten suchten seinen Rat, und nur wenige ließ er ohne eine freundliche Antwort.

Eine der merkwürdigsten Gestalten, die in *Haeckels* Leben eine nachhaltige Rolle spielten, war ein in Basel lebender Russe, *Paul von Ritter*. Aus hygienischer Ängstlichkeit empfing er seine Besucher in weißen Handschuhen, um sie dann mit Sekt zu bewirten; mit seinen reichen Mitteln unterstützte er die verschiedenartigsten Bestrebungen und war besonders stolz auf die von ihm herrührende Konstruktion des italienischen Militärstiefels. Nach der Münchener Naturforscher-Versammlung, wo *Haeckel* dem müde resignierenden „Ignorabimus“ der alten Biologenschule sein tatenfrisches „Impavidi progrediamur“ entgegengerufen hatte, trat v. Ritter an ihn mit dem Plan heran, eine größere Summe für entwicklungsgeschichtliche Ziele zu stiften. *Haeckel* verstand es, daraus eine „Paul-von-Ritter-Stiftung“ für die Universität Jena zu gestalten, aus der zunächst eine Ritterprofessur für Zoologie, dann eine *Haeckel*professur für Geologie gegründet, der Ausbau des zoologischen Institutes durchgeführt und eine Reihe von Reise-Stipendien ermöglicht wurden. Wenn *Paul von Ritter* nach Jena kam, wurde es *Haeckel* recht schwer, den seltsamen Mäcen, dem er doch soviel verdankte, und der noch große Pläne zu unterstützen bereit war, in seiner selbstgefälligen Eigenart zu ertragen. Zwei ebenso glänzend ausgestattete, wie absonderlich komponierte Schriften, die der sonderbare Schwärmer aus „der Kanone der Wissenschaft“ abfeuerte, blieben glücklicherweise nur im engsten Kreise verbreitet. Endlich wagte ein Kollege das offene Wort, dessen tragische Folgen von anderen schon vorausgesehen waren; v. Ritter zog sich zurück, eine neugeplante große medizinische Stiftung unterblieb, ein von einem namhaften Bildhauer begonnenes Denkmal wurde abbestellt und der merkwürdige Mann verschwand aus *Haeckels* Gesichtskreis.

Nur einmal fand *Haeckel* Gelegenheit, eine führende politische Rolle zu spielen. Bismarck war entlassen und der bekannte Uriasbrief sollte ihn dem deutschen Volke gegenüber ächten. Wir saßen auf der Schweizerhöhe zusammen, als die Nachricht von Bismarcks Reise nach Kissingen eintraf und *Haeckel* rief aus: „Den laden wir nach Jena ein.“ Rasch entschlossen trat er mit Gleichgesinnten zusammen, reiste nach Kissingen

gen, erhielt Bismarcks Zusage und ein als-Zustimmung zu betrachtendes Telegramm des Großherzogs.

Sobald die Einzelheiten des rasch entworfenen Festplanes bekannt wurden, entstand große Aufregung. Minister und Hofleute zitterten, an den Höfen der „durchlauchtigsten Erhalter der Universität“ und ängstliche Bürger und Professoren fürchteten den Zorn des Kaisers. Aber das Telegramm des Großherzogs beschwichtigte jene und die zunehmende Begeisterung diese, und so kam ein großer Tag, wie ihn die kleine Thüringer Universität noch nie erlebt hatte. Als Bismarck bei Blitz und Donner von fackeltragenden Studenten geleitet und einer Schar Chargierter mit scharfen Mensursäbeln gegen einen möglichen Überfall geschützt, in Jena einzog; sah man wie eine gigantische Geistererscheinung den großen Staatsmann neben dem großen Naturforscher, zwei körperlich und geistig ebenbürtige Recken. Von den Tausenden, die am nächsten Tag das große Marktfest besuchten, um aus Fenstern und von Dächern Bismarck zuzujubeln, ahnten nur wenige, was sie unserem *Haeckel* zu verdanken hatten.

Den Höhepunkt in *Haeckels* Leben bildete sein 60. Geburtstag. Eine große Anzahl alter Schüler und treuer Freunde hatte sich um ihn versammelt. Eine Festschrift ausgezeichneten Namen, sowie Ehrungen und Dankeschreiben ohne Zahl, nahm *Haeckel* stolz und bescheiden entgegen. Sein natürlicher Humor bildete den Oberton, sein dankbares Gemüt die Grundlage aller seiner Worte. Bei der Festtafel im Bären gab es eine Speisenfolge aus allen eßbaren Tierstämmen, selbst Amphioxussalat fehlte nicht, und eine Nachfeier auf den Bergen beschloß in heiter gemütvoller Weise den feierlichen Akt.

Aber bald fielen trübe Schatten in sein Leben. Häusliches Leid bekümmerte ihn, und nicht minder schwer drückte ihn die zunehmende Vereinsamung.

Es war verständlich, daß *Haeckel* in der Zeit des Kampfes um die Entwicklungslehre jedem Gegner derselben mit schonungsloser Kritik entgegentrat und die gegen ihn gerichteten Streitschriften ebenso scharf beantwortete.

Aber jetzt kam die Zeit, wo diejenigen, die in *Haeckels* Schule groß geworden waren, die inzwischen allgemein anerkannte Entwicklungslehre auf neuen eigenen Wegen weiter ausbauten. Fragen, die *Haeckel* einst nur angedeutet und als unwesentlich vernachlässigt hatte, wurden zu wichtigen Forschungsgebieten, und neue Disziplinen, neue Richtungen entfalteten sich hierbei in ungeahnter Weise. Wen sein Forschungsweg auf die Nachbargebiete der Botanik, Medizin, Physiologie oder Geologie leitete, dem folgte *Haeckel* gern auf neuen Pfaden und war rasch bereit, auch solche Ergebnisse anzuerkennen, die er einst nicht vorausgesehen hatte — aber wer auf *Haeckels* engerem Arbeitsgebiet tätig war, wer Ontogenie

und Phylogenie, Vererbung und Anpassungsfragen untersuchte und zu neuen Ergebnissen kam, dem trat *Haeckel* fortan als Gegner gegenüber. Anstatt sich der neuen Zeit, die er selbst so gefördert und herbeigesehnt hatte, zu freuen und die Erfolge seiner Mitstrebenen, auch wenn sie über ihn hinausführten, anzuerkennen — sah er in allem dem nur feindselige Gegnerschaft. Er glaubte alte Kämpfe wiederholen zu müssen, kein Zureden vermochte ihn zu der beschaulichen Rolle des erfolgreichen Altmeisters zu bewegen und mit schmerzlicher Resignation sah er sich von „Gegnern“ umgeben, die doch gern seine großen Verdienste zu würdigen bereit waren.

Aber noch andere Ereignisse verstärkten bei ihm diese trübe Stimmung. Im Bismarckjahr 1892 hatte *Haeckel* im Altenburger naturwissenschaftlichen Verein das Wort ergriffen und in spontaner Rede seine religiös-monistischen Anschauungen formuliert. Die daraus entstehende kleine Schrift erregte große Bewegung, erlebte viele Auflagen und machte ihn bald zum Mittelpunkt der verschiedenartigsten kirchen- und dogmafeindlichen ethischen Richtungen. Vereine wurden gegründet, bestehende Sekten schlossen sich ihnen an und immer weitere Kreise zog *Haeckels* kühner Wurf. Bald erschien ein Buch, das die Probleme der Welt rätsel allgemein verständlich behandelte und hierbei manch schweres, nur dem wissenschaftlich geschulten Geiste zugängliches Problem auch dem Laien mundgerecht zu machen versuchte.

Haeckel, der erwartet hatte, daß sich alle fortschrittlich denkenden Naturforscher der monistischen Bewegung anschließen würden, erlebte die bitterste Enttäuschung. Er konnte nicht verstehen, daß der selbsttätige Gelehrte wohl Ziel und Weg seiner Forschung bestimmt im Auge haben kann, aber sich doch weigert, die wandelnden Stadien vorläufiger Forschungsergebnisse vor einen weiteren Kreis zu bringen, und *Haeckel* griff mit seinem Buch in so viele umstrittene Nachbargebiete ein, daß er ernsthafter, oft scharf ablehnender Kritik begegnete, wo er freudige Zustimmung erwartet hatte.

Aber *Haeckel* war nicht der Mann, einen Schritt zurück zu gehen, und war durch sein neues eigenartiges Buch schon zu eng eingeschlossen in einen Kreis von begeisterten Freunden der Naturwissenschaft, denen gerade seine Darstellung alles das bot, wonach sie sich gesehnt hatten, als daß er sich der beständig wachsenden volkstümlichen Bewegung entziehen konnte. Sie bot ihm so begeisterte Zustimmung und eine so befriedigende Tätigkeit, daß er gern und freudig darin lebte und aufging.

Seinen 70. Geburtstag verlebte *Haeckel* still und einsam in Rapallo. Die Jenenser Freunde hatten mich dahin entsandt, um ihre Glückwünsche zu überbringen, eine alte Freundin vertrat den weiteren Freundeskreis, und als wir am felsigen Ufer des blauen Meeres entlang wander-

ten, erklärte die Erinnerung an den herrlichen 60. Geburtstag die wehmütige Stimmung des Augenblicks.

Nach seinem 80. Geburtstag, den er im Kreise seiner Kinder und Enkel verlebte, und der ihm 1600 Postsendungen aus aller Welt brachte, schrieb er mir: „Diese allgemeine Teilnahme weitester Kulturkreise an meinem Lebenswerke sowie die persönliche Betätigung von Liebe und Dankbarkeit zahlreicher treuer Schüler und Freunde ist mir in diesen erinnerungsreichen Gedenkwochen die größte Freude gewesen; sie bietet reiche Entschädigung für die vielen unerfreulichen Angriffe, denen mich meine ehrliche Wahrheitsforschung seit mehr als 40 Jahren ausgesetzt hat. Besonders mildert sie das schmerzliche Gefühl, daß gerade mehrere von meinen begabtesten und angesehensten Schülern, auf die ich die größten Hoffnungen gesetzt hatte, sich im Laufe der Jahre zu gehässigen Gegnern entwickelt haben.“

Beifolgend sende ich Ihnen meine letzte naturphilosophische Arbeit, die Gottnatur (im Sinne von Goethe!). Sollte ich noch einige Zeit arbeitsfähig bleiben, so werde ich sie auf die Fortführung meiner Lebens- und Reiseerinnerungen verwenden.“

Sein letzter Brief vom Februar 1919 sagt: „Ihr freundlicher Glückwunsch zu meinem

85. Geburtstag hat mir die schönen Tage vor 15 Jahren lebhaft in Erinnerung gerufen. Als Sie damals mich in Rapallo aufsuchten, hatten wir noch (glücklicherweise!) keine Ahnung von dem furchtbaren Schicksal, das unser teures Vaterland jetzt zerrüttet hat. Ich sehe die Zukunft ganz pessimistisch an und tröste mich als „monistischer Geologe“ mit dem Wechsel des Werdens und Vergehens.“

Mehrfach hatte er seinen Freunden gesagt, daß er im Herbst dieses Jahres sterben würde, und seine Ahnung hat ihn nicht betrogen.

Einst hatte er gewünscht, daß seine Asche von der Ammerbacher Platte, seinem stimmungsvollen Lieblingsplatz über dem blumenreichen Waldtal, in alle Winde verstreut werden möchte, damit aus ihr die Anemonen und Orchideen in bunter Pracht sich neu gestalten könnten.

Aber wenn auch das Feuer seinen Leib rasch verzehrt hat, so sind doch die Funken seines Geistes durch lange Jahrzehnte weit umhergefliegen, haben hier neue lodernde Fackeln entzündet, dort veraltetes Gestrüpp niedergebrannt und in Tausenden von Seelen leuchtend und erwärmend gewirkt.

So wird Ernst Haeckel im Herzen aller derer weiter leben, die ihn gekannt, verstanden und geliebt haben.

Haeckels Verdienste um die Zoologie.

Von Richard Hertwig, München.

Im Frühjahr 1918 waren es 50 Jahre, daß mich eine glückliche Verkettung von Umständen veranlaßte, meinen Studiengang in Jena zu beginnen. Es wird mir in dauernder, dankbarer Erinnerung bleiben, mit welcher Herzlichkeit damals Haeckel den 17-jährigen Studenten, der zunächst weder für die Zoologie besonderes Interesse besaß, noch auch zoologische Kenntnisse mitbrachte, aufnahm. Haeckel hatte sich damals in Zoologenkreisen schon einen geachteten Namen gemacht; in weiteren Volksschichten war er noch unbekannt. Seine natürliche Schöpfungsgeschichte, mit welcher er zum erstenmal vor die breite Öffentlichkeit trat, war noch nicht erschienen; und so hatte auch ich zwar viel von Darwin und dessen damals populärstem Vorkämpfer Carl Vogt, aber nichts von Ernst Haeckel gehört.

Seit den Tagen des Frühjahres 1868 datieren die innigen Beziehungen, die mich mit Haeckel verbinden und erst durch seinen Tod gelöst worden sind. Wie es in einer so langen, an wissenschaftlichen Kämpfen überreichen Zeit nicht anders zu erwarten ist, hat es auch zwischen uns nicht an ernstesten Meinungsverschiedenheiten gefehlt, welche bei Haeckels leidenschaftlichem Charakter auch vorübergehend eine Trübung unseres

gegenseitigen Verhältnisses zur Folge hatten. Aber sie waren nicht von langer Dauer und führten zu keiner Entfremdung; auch in den Zeiten, in denen die Meinungsverschiedenheiten sich am meisten zuspitzten, habe ich nie aus den Augen verloren, wie unendlich viel ich dem großen Mann verdanke. Diese Dankesschuld und die weitgehende Übereinstimmung in den Grundauffassungen des Lebens und der Wissenschaft haben uns immer wieder zusammengeführt. Jetzt, wo seine Lebensbahn ihren Abschluß gefunden hat, ist das Gefühl der Dankbarkeit gegen meinen unvergeßlichen Lehrer besonders lebendig; es ist Ursache, daß ich gern der Aufforderung nachgekommen bin, an dieser Stelle die großen Verdienste zu feiern, die sich Haeckel um die Entwicklung der zoologischen Forschung erworben hat.

Es gibt wohl wenige Männer der Wissenschaft, über deren Bedeutung die Ansichten seiner Zeitgenossen so sehr auseinandergehen, wie es im vorliegenden Falle zutrifft. Es hat eine Zeit gegeben, in der Haeckel von seiten der weitaus überwiegenden Mehrzahl nicht nur der Fachzoologen, sondern aller, die naturwissenschaftliche Interessen vertraten, Gegenstand der allergrößten Verehrung und Bewunderung war, in der seine Geg-

nerschaft sich nur auf enge Kreise beschränkte. In den letzten Jahrzehnten ist diese Stimmung umgeschlagen. Die Feindseligkeit, welche sich gegen sein Wirken, auch gegen seine wissenschaftliche Tätigkeit wendet, hat zugenommen; die Zahl seiner Gegner hat sich außerordentlich vermehrt. Zum größten Teil hängt diese Erscheinung mit dem Wechsel der Zeiten zusammen, zum Teil aber auch mit den Charaktereigentümlichkeiten *Haeckels*. Beide Faktoren muß man berücksichtigen, wenn man sich ein klares Bild von *Haeckels* wissenschaftlicher Stellung bilden will.

Haeckel hat das hohe Alter von 86 Jahren erreicht; er hat sich bis in seine letzten Tage eine ungewöhnliche geistige Frische bewahrt. Noch wenige Tage vor seinem Tode erhielt ich von ihm einen Brief von dem Schmerzenslager, auf das ihn ein Unfall gebannt hatte, mit unveränderter, wenn auch etwas zitternder Handschrift geschrieben, voller Interesse für die Fragen und Kämpfe unserer Zeit, energisch in seinen Urteilen über die Vorkommnisse der letzten Wochen. Seine wissenschaftliche Tätigkeit erstreckte sich somit über einen außergewöhnlich langen Zeitraum, eine Periode, in welcher die biologische Forschung einen Aufschwung genommen hat, wie ihn wohl wenige Wissenschaften zu verzeichnen haben.

Haeckels Jugend fällt in die Zeit, in welcher an unseren Universitäten die geistlose systematische Zoologie herrschte, in der die Kenntnis vieler Arten, die Beschreibung neuer Formen das erstrebenswerte Ziel der meisten Zoologen bildeten. Gegen diese in der genauen Registrierung unbedeutender, vielfach sogar wertloser Einzelheiten sich erschöpfende Arbeitsweise hatte sich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts eine Gegenströmung geltend gemacht, welche vergleichend-anatomische und physiologische Fragen in den Vordergrund stellte und vielfach nicht von Zoologen im engeren Sinne, sondern von den menschlichen Anatomen gepflegt wurde. Die Richtung hatte ihren äußern Ausdruck in der Gründung der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie (1849) gefunden, für wissenschaftliche Zoologie im Gegensatz zu der herrschenden Spezieszoologie, der damit der Vorwurf der Unwissenschaftlichkeit gemacht wurde; sie fand eine gewaltige Förderung, als 10 Jahre später durch *Darwins* Verdienst die Abstammungslehre mit ihrer Fülle fundamental wichtiger Probleme in die Biologie einzog und eine ungeheure Werbekraft auf die heranwachsende wissenschaftliche Jugend ausübte. Die bis dahin ein Aschenbrödel-dasein führende Zoologie wurde in kurzer Zeit in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen Lebens gestellt. Die kleinlich exakte Einzelforschung wurde durch eine Forschungsweise verdrängt, welche ihr Augenmerk auf die großen die Menschheit beschäftigenden Probleme richtete. In ungeahnter Weise erweiterte sich der Hori-

zont. Zahlreich waren besonders in Deutschland die Männer, welche sich der neuen Forschungsrichtung anschlossen. Dabei war es zunächst vorwiegend die morphologische Seite der Zoologie, die vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte, welche am ausgiebigsten, man kann sogar sagen, fast ausschließlich gepflegt wurden. Erst in den letzten Dezennien des verflossenen Jahrhunderts entwickelte sich neben der morphologischen die physiologische Forschungsweise, ersterer immer mehr Boden abgewinnend, bis sie in diesem Jahrhundert die Morphologie ganz in den Hintergrund drängte. Während man in den ersten Jahrzehnten des herrschenden Darwinismus das höchste Forschungsziel darin erblickte, die Entstehung der Tierwelt historisch zu begreifen, mit Hilfe von vergleichender Anatomie die verwandtschaftlichen Beziehungen der Stämme, Klassen und Ordnungen des Tierreiches aufzuhellen, als die Folgen gemeinsamer Abstammung zu schildern und in Stammbäumen zum Ausdruck zu bringen, galt es nunmehr als vornehmste Aufgabe, die Vorgänge, welche zur Umbildung der Formen führen oder bei ihr eine maßgebende Rolle spielen, mit exakten Methoden zu studieren und zu erklären. So traten Variabilitäts- und Erbllichkeitsforschung in den Vordergrund. Zur Beobachtung gesellte sich das Experiment und die mathematische Analyse. Es bildete sich allmählich als eine neue Disziplin die Entwicklungsphysiologie oder Entwicklungsmechanik aus, die bestrebt war, die ursächliche Erklärung auf alle Gebiete der tierischen Formbildung auszudehnen.

Zu der tief greifenden Umgestaltung der Ziele und Wege der biologischen Forschung gesellte sich eine bewundernswerte Vervollkommnung der Untersuchungsmethoden und ihrer technischen Hilfsmittel, welche durch den hohen Entwicklungsgrad unserer optischen und mechanischen Werkstätten ermöglicht wurde. Wer vor 50 Jahren Zoologie trieb, bedurfte dazu eines nur wenig umfangreichen Apparates, der leicht zu transportieren war. Dieser Umstand ermöglichte es dem Zoologen, an den verschiedensten Punkten der Meeresküste sich ohne große Mühe seine Arbeitsstätte einzurichten. Das ist in der Zwischenzeit anders geworden. Die Technik im Konservieren, Präparieren und Schneiden der Objekte, die mannigfachen Färbeverfahren haben eine Vervollkommnung erfahren; das Bedürfnis, Tiere oder ihre Entwicklungsformen lange Zeit zu züchten, meist unter mannigfach abgeänderten Existenzbedingungen, stellt so hohe Ansprüche an die äußeren Hilfsmittel der Forschung, daß der Zoologe zumeist gezwungen ist, gut eingerichtete Laboratorien aufzusuchen. Auch ist für den Lernenden ein methodisches Studium der Untersuchungsmethoden nötig geworden, wie es in Chemie und Physik schon längst der Fall ist.

Bei jedem älteren Forscher wäre es verständ-

lich gewesen, wenn er mit der geschilderten raschen Umgestaltung der Forschungsziele und Forschungsmethoden nicht gleichen Schritt gehalten hätte. Bei *Haeckel* ist es ganz besonders begreiflich, daß er den neuen Wegen der Biologie gegenüber eine wenn auch nicht ablehnende, so doch wesensfremde Stellung eingenommen hat. *Haeckel* war eine Forschernatur nach der Art *Goethes*. Die leidenschaftliche Verehrung, welche er für den großen Dichter und Morphologen empfand und die sich in allen seinen Werken äußert, vor allem in der Art, in der er Sätze aus *Goethes* naturwissenschaftlichen Schriften mit Vorliebe als Mottos in seinen Werken benutzt hat, war eine Folge ähnlicher geistiger Beanlagung. *Haeckel* war nicht selbst Künstler. Selbst seine Landschaftsaquarelle, denen er soviel Zeit auf seinen Reisen widmete, welche ihm und vielen anderen viel Glück und ästhetischen Genuß bereitet haben, haben vor den Augen hervorragender Maler keine Gnade gefunden. Und doch war er eine Künstlernatur durch und durch, sein ganzes Denken und Forschen war von künstlerischem Empfinden durchsetzt. Das geht schon aus den Tiergruppen hervor, die er sich für seine besonderen Studien ausgewählt hat: Radiolarien, Medusen, Siphonophoren, alles Tiere, die zu dem Formenschönsten gehören, was die Natur des Meeres hervorgebracht hat. Zu den Objekten, welche Gegenstand seiner wissenschaftlichen Forschung waren, stand er in einem innigen Gemütsverhältnis. In einem noch kurz vor seinem Tode an mich gerichteten Briefe schwärmte er mir von den ihm am meisten ans Herz gewachsenen Radiolarien vor. „Mein bester Trost“, heißt es in dem Brief, „ist der Verkehr mit meiner „alten Liebe“ (seit 60 Jahren), unseren herrlichen Radiolarien (1859)“. Der Vergleich mit den Kristallseelen (1917) hat mir neue Seiten ihrer „Psychomatik“ offenbart. Wenn ich noch arbeiten könnte, würde ich noch eine dritte Monographie dieser wahren Wunderwelt in Angriff nehmen.“

Trotz dieser hellen Naturbegeisterung war es *Haeckel* nicht vergönnt, sich mit der liebevollen kindlichen Sorgfalt, wie wir sie von den alten Naturforschern, einem *Swammerdam*, *Rösel* v. *Rosenhof*, *Rusconi* bewundern, in sein Objekt zu vertiefen. *Haeckel* war ein unermüdlicher Forscher, der den größten Teil seines Lebens am Arbeitstisch verbracht hat, meist mit eigenen Untersuchungen beschäftigt. Ich habe wenig Menschen kennen gelernt, deren Leben so sehr von Arbeit und Arbeitslust erfüllt war. Wenn er es gleichwohl den alten Meistern der Beobachtungskunst nicht gleich getan hat, so war der Grund hierzu in seinem starken Sinn für das Allgemeine gegeben. Er sah im Einzelobjekt immer nur das Typische. Auch da, wo ihm ein unvollkommen konserviertes oder unvollkommen präpariertes Material vorlag, wie es bei der Bearbeitung der von Expeditionen gesammelten Ausbeute an Me-

dusen, Siphonophoren, Radiolarien der Fall war, war es ihm ein Bedürfnis, die Tiere so darzustellen, wie sie wohl im Leben ausgesehen haben möchten. Seine reichen Erfahrungen an lebend beobachteten Tieren standen ihm dabei hilfreich zur Seite. Und so haben alle seine Zeichnungen — und das gilt auch von den Zeichnungen seines getreuen Mitarbeiters und Zeichners *Giltsch*, der sich ganz in die Naturbetrachtung seines verehrten Meisters hineingelebt hatte — etwas Schematisches. Ich entsinne mich, daß Künstler, welche versuchten, *Haeckels* Kunstformen der Natur für ihre Zwecke zu verwenden, darüber klagten, daß alle Abbildungen zu sehr stilisiert seien; was sie nötig hätten, seien getreue Naturabbildungen; die stilistische Ausgestaltung derselben sei ihre Sache. Was diesem Urteil zugrunde lag, war das Generalisierte in *Haeckels* Zeichnungen, das bei aller ihrer Virtuosität ihrer Naturwahrheit Abbruch tat. Am meisten fällt diese allzu freie Behandlung der bildlichen Darstellung in histologischen und entwicklungsgeschichtlichen Abbildungen auf. Die Figuren zu seiner Gastraeatheorie und zur Organologie und Entwicklungsgeschichte der Schwämme liefern für das Gesagte besonders anschauliche Beispiele.

Für *Haeckels* Stellung als Naturforscher war weiterhin in hohem Maße bestimmend die außergewöhnliche Lebhaftigkeit seines Wesens und seine jugendliche Begeisterung für die Wissenschaft, der er sein Leben gewidmet hatte. Er hat sich dieselbe bis in sein hohes Alter bewahrt; sie umgab seine Persönlichkeit mit einem Zauber, dem sich wohl niemand entziehen konnte, der ihm näher trat. Selbst Personen, die ihn nur flüchtig kennen lernten, erhielten den Eindruck, daß sie es mit einer großzügig angelegten Natur zu tun hatten. Als solche hat er sich auch sein ganzes Leben lang bewährt. Als er auf dem Höhepunkt seines Ruhmes stand, wurden ihm glänzende Anerbietungen gemacht, seinen Wirkungskreis in Jena gegen zoologische Professuren an anderen größeren Universitäten zu vertauschen. Er hat jedesmal diesen Verlockungen widerstanden und ist den ungleich bescheideneren Verhältnissen in Jena treu geblieben. Ausschlaggebend für ihn war die Überzeugung, daß ihm nirgends die günstigen Bedingungen für die freie Entwicklung seiner wissenschaftlichen Persönlichkeit gegeben seien, wie er sie in Jena vorfand. In der gleichen Zeit wurden von allen Seiten Ehrungen auf ihn gehäuft wie wohl auf wenige seiner Zeitgenossen. Er war ehrgeizig genug, sich über sie zu freuen. Aber nie wäre es ihm eingefallen, auch nur den kleinsten Teil seiner Überzeugung der Rücksichtnahme auf derartige äußere Vorteile zum Opfer zu bringen. *Haeckel* war eine unabhängige Natur, die unbekümmert, vielleicht sogar allzu unbekümmert, um das Urteil der Welt seinen Weg ging. Auch von ihm galt, was *Boveri* in seiner wundervollen Gedenkrede von *Anton Dohrn* sagt: „Eine nie

ruhende Phantasie, die ihm in geistiger Antizipation das, was er wünscht, als ein Fertiges vor Augen stellt, verbindet sich mit einer leidenschaftlichen Energie, wo nicht Gewalttätigkeit in der Durchführung des für richtig Gehaltenen.“

Dieses Gewalttätige seines Wesens verbunden mit der Neigung, die Erscheinungen der Natur schematisch auszugestalten, wie er sie für richtig hält, ist für *Haeckel* charakteristisch; es wurde Ausgangspunkt von Handlungen, welche nicht nur seinen wissenschaftlichen Gegnern günstige Angriffspunkte gegeben, sondern auch in den Augen wohlgesinnter Männer seinem Namen großen Abbruch getan haben. Ich denke hierbei an die Fälle, in denen er zur Erläuterung seiner Ansichten Abbildungen benutzte, die ihm eine scharfe Beurteilung eingetragen haben. Ein besonders ihm zum Vorwurf gemachter Fall war die Abbildung eines angeblichen Gibbon-Embryos, für die er die Abbildung des Embryos eines Schwanzaffen benutzt hatte, indem er entsprechend der Schwanzlosigkeit des erwachsenen Gibbons den Schwanzabschnitt verkürzt gezeichnet hatte. Das Verfahren war in dem vorliegenden Fall wie in einer Reihe ähnlicher Fälle keineswegs zu rechtfertigen. Es wurde ihm als Fälschung zum schweren Vorwurf gemacht. Und doch war eine Täuschung der Leser von *Haeckel* in keiner Weise beabsichtigt. Er wollte nur zum Ausdruck bringen, was ihm als unzweifelhaft fest stand und worin er, wie jeder Embryologe zugeben wird, auch Recht hat, daß der Embryo eines anthropoiden Affen sehr menschenähnlich ist. Aller Voraussicht nach wird die Menschenähnlichkeit noch größer sein, als die der Entwicklungsgeschichte eines niederen Affen entnommene Abbildung erkennen läßt.

Für *Haeckels* Stellung in der Geschichte der Zoologie ist schließlich noch bedeutungsvoll geworden sein Verhalten gegenüber den Richtungen, die in der Ausbildung und Verfeinerung der Untersuchungsmethoden eine Voraussetzung weiteren Fortschritts erblickten. Denselben stand er im allgemeinen ablehnend gegenüber.

Wie sein Freund *Gegenbaur*, der in einer Tischrede auf der Würzburger Anatomenversammlung diesen Standpunkt einmal in sehr drastischer Weise zum Ausdruck gebracht hat, war er der Ansicht, daß die Untersuchungsmethoden nur die äußeren Hilfsmittel der Forschung seien, das, was *Gegenbaur* in Anlehnung an die bekannte Fabel: „Der Fuchs und die tragische Maske“ die Maske der Forschung genannt hat, daß der Kern der Forschung in der geistigen Durchdringung des Beobachtungsmaterials bestehe, daß diese das Hirn der Wissenschaft bilde. Und so ist er kein Freund der verwickelten Untersuchungsmethoden gewesen, wie sie jetzt unseren Studierenden durch den Unterricht als etwas Selbstverständliches mit auf den Weg gegeben, von ihnen freilich nicht selten ihrem Werte nach überschätzt werden. Was das Schnei-

den und Färben der Objekte anlangt, so ist *Haeckel* im großen und ganzen nicht über die ersten Anfänge dieser Hilfsmittel hinausgegangen. Auch hier war er ein Vertreter der Goetheschen Naturbeobachtung und hielt an dem Dichterwort fest, daß, was Natur nicht offenbaren will, der Naturforscher ihr nicht abzwängen könne mit Hebeln und mit Schrauben. Daß mit dieser Denkweise *Haeckel* sich selbst wichtiger und immer unentbehrlicher werdender Hilfsmittel für fortschreitende Naturerkenntnis begeben hat, kann keinem Zweifel unterliegen. Er hat diesen Mangel selbst nie so sehr empfunden, wie ihn andere würden empfunden haben. Ihm stand ein hohes Maß von Intuition zu Gebote. Es ist ganz wunderbar, wie es *Haeckel* verstand, aus unvollkommenen Beobachtungen richtige Schlüsse zu ziehen und sie zu wichtigen Verallgemeinerungen zu verwerten. Ihm war die glückliche Gabe „naturgemäß zu denken“ von der Natur mit auf den Weg gegeben worden.

Die Faktoren teils persönlicher teils allgemeiner Natur, von denen hier die Rede war, die scharf ausgeprägte Individualität des Mannes einerseits, der Wechsel der wissenschaftlichen Forschungsrichtungen andererseits haben die Stellung bestimmt, welche *Haeckel* in der Geschichte der Zoologie einnimmt. Im Vordergrund steht hierbei die führende Rolle, welche er gespielt hat, als es galt, der Abstammungslehre in Deutschland allgemeine Geltung zu verschaffen. Es haben ja auch andere Männer gleichzeitig mit ihm und in gleichem Sinne bei uns in Deutschland gewirkt, so *Carl Vogt*, *August Weismann*, *Fritz Müller*. Aber keiner von ihnen hat auch nur annähernd den gewaltigen Einfluß ausgeübt wie *Haeckel*, wenn sie auch im weiteren Verlauf, wie z. B. *Weismann*, an der Fortbildung der Lehre einen ebenbürtigen Anteil genommen haben. Seitdem *Haeckel* zum erstenmal auf der Stettiner Naturforscher-Versammlung in öffentlichem Vortrag für *Darwin* eingetreten ist, hat er durch eine fortlaufende Reihe von Schriften, unter denen vor allem seine *Generelle Morphologie*, seine *Schöpfungsgeschichte*, seine *Anthropogenie*, seine drei Bände „Systematische Phylogenie“ und seine zahlreichen, zum Teil für ein größeres Publikum berechneten Vorträge über die Abstammung des Menschen und der Säugetiere zu nennen sind, ununterbrochen an der konsequenten Durchführung der Theorie fortgearbeitet. Seiner gesamten Anlage entsprechend stellte er die *morphologische* Seite der Theorie in den Vordergrund und bildete in dieser Hinsicht eine glückliche Ergänzung zu *Darwin*, bei dem die entwicklungsgeschichtlichen und vergleichend-anatomischen Beweise für die Abstammungslehre hinter den physiologisch-systematischen Fragen der Variabilität, Vererbung und Tierverbreitung zurücktraten. Im Anschluß an Lehren, wie sie schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts von vergleichenden Anatomen,

besonders von *Meckel* vorgetragen worden waren, und nach dem Aufkommen der Darwinschen Theorie in *Fritz Müller* einen eifrigen Verteidiger gefunden hatten, entwickelte er sein „biogenetisches Grundgesetz“, daß die individuelle Entwicklungsgeschichte eines Tieres eine kurze Rekapitulation seiner Stammesgeschichte sei und suchte auf Grund desselben mit Hilfe der Tatsachen der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte in die stammesgeschichtlichen Zusammenhänge der Klassen und Ordnungen des Tierreiches tiefer einzudringen, besonders in den Fällen, in denen die Unvollständigkeit der paläontologischen Urkunden die stammesgeschichtliche Forschung im Stich läßt.

In den letzten Jahrzehnten ist das „biogenetische Grundgesetz“ ein Gegenstand zahlreicher Angriffe geworden, die ihm die von *Haeckel* beilegte Bedeutung absprechen.

Es ist ohne weiteres zuzugeben, daß der Name „Gesetz“ nicht ganz zu Recht besteht, daß der von *Haeckel* aufgestellte Satz nur eine Formel ist, welche eine in der Organismenwelt bestehende Gesetzmäßigkeit zum kurzen Ausdruck bringt und eine Deutung dieser Gesetzmäßigkeit vom Standpunkt der Abstammungslehre gibt. Es ist ferner zuzugeben, daß es sich nur um eine Deutung handelt von Zusammenhängen, die durch entwicklungsgeschichtliche und vergleichend-anatomische Forschung ohnehin festgestellt worden sind und auch unabhängig von dieser Deutung zu Recht bestehen. Ich halte es aber für aussichtslos, die Berechtigung der Deutung anzufechten oder gar einen Widerspruch zwischen ihr und den morphologischen Tatsachen zu behaupten. Unter allen Umständen hat sich das biogenetische Grundgesetz als eine ungemein fruchtbringende Idee erwiesen, welche in ganz außergewöhnlicher Weise die morphologische Forschung speziell bei uns in Deutschland gefördert hat. Ihrer Vermittlung ist es zuzuschreiben, daß die Darwinsche Lehre der Zoologie zu einer ganz unerwarteten Blüte und Fruchtbarkeit verholfen hat. Daß dies der Fall war, ist zum großen Teil ein Verdienst *Haeckels*, das nicht hoch genug angeschlagen werden kann. Wie oft ist nicht in vielen Festreden und Festschriften, zu denen die verschiedenen Haeckelfeiern Gelegenheit gegeben haben, hervorgehoben worden, daß die Redner durch *Haeckels* Einfluß für die Zoologie gewonnen worden seien. Und es sind nicht die schlechtesten unter den Zoologen und Anatomen, die sich in dieser Weise als Schüler von *Haeckel* bekannt haben. Es ist eine erstaunlich lange Liste hervorragender Zoologen des In- und Auslandes, welche einen großen Teil ihres Studiengangs in Jena unter *Haeckels* Einfluß verbracht haben.

Aber es ist nicht nur die unerschrockene und rücksichtslose Parteinahme für *Darwin*, vermöge deren die genannten Schriften, vor allem die zwei Bände der generellen Morphologie ihren ungeheuren Einfluß auf die heranwachsende

Jugend ausgeübt haben. Es kommt weiter hinzu die geistvolle und eigenartige Weise, in welcher *Haeckel* das ganze Gebiet der Zoologie durchdacht und in ein System gebracht hat. Dem kleinlichen Geist, der damals die meisten Vertreter der Zoologie besonders an den deutschen Universitäten erfüllte und in trockener Spezieszoologie sein Genüge fand, wurde in kurzen kräftigen Zügen das Bild der hohen Aufgaben gegenübergestellt, denen die Zoologie zu genügen hätte. Vieles von dem Inhalt der großen Programmschrift ist inzwischen zum Gemeingut aller geworden, vieles ist überholt worden, manches war auch für die damalige Zeit nicht zeitgemäß. Das hindert aber nicht, daß das Werk als Ganzes in einer Weise, wie es nur von wenigen wissenschaftlichen Werken gesagt werden kann, dahin gewirkt hat, das geistige Niveau der Zoologie zu erhöhen. Den wenigsten der heranwachsenden jüngeren Zoologen wird es zum Bewußtsein kommen, wie viel sie bei der Benutzung allgemeiner Begriffe und Vorstellungen dem ordnenden Haeckelschen Geist verdanken. In dieser Hinsicht hat die Generelle Morphologie wie auch viele der späteren Werke *Haeckels* ganz Hervorragendes geleistet.

Neben den vielen Schriften, bei denen die Deszendenztheorie im Mittelpunkt des Interesses steht und die sich zum großen Teil nicht nur an Fachzoologen, sondern an Gebildete aller Kreise wenden, müssen wir nun die speziell zoologischen Werke *Haeckels* ins Auge fassen. Aus der stattlichen Zahl derselben kann ich nur die wichtigsten hervorheben, seine wundervollen Monographien der Radiolarien, Medusen und Siphonophoren, die Bearbeitung der Schwämme und seine Schriften zur Gastraeatheorie und zur Lehre von der Einzelligkeit der Infusorien und übrigen Protozoen. Über die in das Gebiet der Paläontologie gehörige Schrift: „Die Amphorideen und Cystoideen“ mögen berufenere Fachleute ihr Urteil fällen.

Die Reihe dieser Schriften eröffnen zwei preisgekrönte Monographien, die *Haeckel* im Kreis der Zoologen einen geachteten Namen schon zu einer Zeit verschafften, als er noch nicht durch seine Stellungnahme zur Deszendenztheorie zur Weltberühmtheit gelangt war. Die eine derselben, die 1862 erschienene Monographie der Radiolarien, trug ihm die goldene Cothenius-Medaille der Leopoldinischen Akademie ein, die andere, die Entwicklungsgeschichte der Siphonophoren, wurde von der Utrechter Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft 1869 ausgezeichnet. Beide Schriften haben viele Jahre später im Challengerwerk ihre Fortsetzung gefunden, indem *Haeckel* das von der Challengerexpedition mitgebrachte reiche Material der betreffenden Tiergruppen zur Bearbeitung übernahm.

Die Radiolarien-Monographie gehört zu den klassischen Werken auf dem Gebiet der Zoologie; sie lehrte uns zum erstenmal die wundervolle Formenmannigfaltigkeit, die in dieser Gruppe

der Rhizopoden herrscht, kennen, eine Formenmannigfaltigkeit, deren Umfang durch das drei starke Quartbände umfassende Challengerwerk ins Staunenswerte gesteigert wurde; sie gab die erste umfassende Darstellung vom Bau und der Funktion dieser niederen Lebewesen und erläuterte das Gesagte durch einen Atlas von Tafeln, die zu den hervorragenden Leistungen auf dem Gebiet biologischer Darstellungen gehören. Die Monographie griff aber auch bedeutsam in unsere allgemeinen Vorstellungen vom Wesen tierischer Organisation ein. Als *Haeckel* mit dem Studium der Radiolarien beschäftigt war, wurde die Zoologie noch von den Auffassungen *Ehrenbergs* beherrscht, der durch sein großes Werk über die Infusionstierchen sich wohl verdiente Lorbeeren erworben hatte. Im Gegensatz zur Sarkodetheorie *Dujardins* und der Einzelligkeitslehre v. *Siebolds* nahm *Ehrenberg* für alle Tiere, die wir jetzt unter dem Namen „Protozoen“ zusammenfassen, einen komplizierten Aufbau aus den verschiedensten Organen, wie Darm, Nervensystem, Geschlechts- und Exkretionsorganen, an. Selbst jüngere Protozoenforscher, Altersgenossen von *Haeckel* wie *Claparède* und *Lachmann*, hielten auf Grund ausgedehnter Forschungen im Prinzip an der Lehre *Ehrenbergs* fest, wenn sie auch die Konzession machten, daß nur ein von Speisebrei erfüllter Magen nach Art der Coelenteraten vorhanden sei. Gegen diese Lehren war *Max Schultze* erfolgreich zu Felde gezogen, indem er für die Foraminiferen den Nachweis erbrachte, daß sie ohne jede Organe nur aus Protoplasma aufgebaut seien. Auf Grund ausgedehnter Untersuchungen an lebenden Tieren bestätigte *Haeckel* für die Radiolarien die *Max Schultzesche* Protoplasmatheorie und erwies ihre Gültigkeit durch eine Reihe kleinerer Schriften für viele andere Rhizopoden. Zehn Jahre später hat er dann für die höchst organisierten Protozoen, die Infusorien, die Richtigkeit der Lehre *Siebolds* von der Einzelligkeit der Protozoen dargetan. In der Geschichte der Zoologie spielen diese Ergebnisse eine bedeutsame Rolle. Der Nachweis, daß es Organismen ohne Organe gibt, welche nur aus Protoplasma bestehen, war von fundamentaler Bedeutung, und zwar nicht nur für unsere Vorstellungen von Organisation, er war auch von Wichtigkeit für die Abstammungslehre. Denn damit war die Existenz niederster Lebewesen dargetan, wie sie allein aus Urzeugung hervorgegangen sein und den Ausgangspunkt für die höher entwickelten vielzelligen Tiere bilden können.

Haeckels Arbeiten über Siphonophoren und Medusen haben nicht in gleicher Weise wie seine Protozoenuntersuchungen in unsere allgemeinen Vorstellungen eingegriffen. Ihr großer Wert liegt in der Bearbeitung eines umfangreichen Materials. Vor allem gilt das Gesagte von den zahlreichen Arbeiten über Medusen. Auf seinen häufigen Reisen hatte er selbst viele Tiere lebend

beobachtet und konserviert. Er hatte über einen Teil dieser Untersuchungen schon in einer Anzahl kleinerer Arbeiten berichtet, ehe er sich zu einer umfassenden Monographie entschloß. Zu dieser gelang es ihm teils von den wichtigsten größeren Museen, teils von Privaten weiteres reiches Material zu erhalten, vor allem die zumeist aus der Tiefsee stammende Beute des Challenger. In jahrelanger Arbeit hat er das so Gewonnene zu einer 3 Bände starken Monographie zusammengefaßt, der dann später die in der Monographie schon kurz mitgeteilten Ergebnisse der Challengerausbeute in gesonderter ausführlicher Darstellung folgten. Das Werk war die erste große Medusenmonographie und wurde damit grundlegend für alle späteren Untersuchungen; es enthielt eine Fülle von neuen Formen, darunter sehr wichtige Gruppen wie die Periphyllen und Atollen, deren verwickelter Bau zum erstenmal eine genaue Darstellung erfuhr. Wenn auch nicht alle Resultate Bestätigung gefunden haben und auch in der Aufstellung von Gattungen und Arten der Autor etwas zu freigebig gewesen sein mag, so wird doch das gesamte Werk dauernd seinen Wert behalten durch die klare Darstellung und die Einführung einer rationellen, wenn auch vielleicht etwas zu sehr ins einzelne gehenden Terminologie. Und ähnliches gilt auch von den Siphonophoren, deren wichtigste im Jahr 1888 erschienene Bearbeitung sich ebenfalls auf das interessante Challengermaterial stützt.

Eine etwas ausführlichere Besprechung verlangt die dreibändige Monographie der Kalkschwämme. Die Anregung zu derselben gaben die Untersuchungen, welche *Miklucho Maclay*, ein Schüler *Haeckels* und sein Begleiter auf der Reise nach den Canarischen Inseln unter seinen Augen auf Lanzarote angestellt hatte. Die systematische Stellung der Spongien war, als *Haeckel* seine Untersuchungen begann, viel umstritten. Vornehmlich standen sich zwei Auffassungen entgegen, von denen die eine die Gruppe der Protozoen einverleiben, die andere sie den Coelenteraten angliedern wollte. Der Grund dieser Zwiespältigkeit war der Umstand, daß der undurchsichtige und zugleich verwirrende Bau der Tiere bei der Unvollkommenheit der damaligen Untersuchungsmethoden dem Verständnis große Schwierigkeiten bereitete. Es war ein glücklicher Griff *Haeckels*, daß er zum Objekt seiner Untersuchungen die relativ kleinen, vielfach durchsichtigen Kalkschwämme wählte. Er fand dabei 3 Organisationstypen, den Ascon-, Sycon- und Leucontypus, Unterscheidungen, die auch jetzt noch beibehalten werden. Der Ascontypus liefert den Schlüssel zum Verständnis der ganzen Gruppe, ein festsitzender Schlauch, der sich aus zwei Schichten aufbaut, dem aus den merkwürdigen Kragenzellen bestehenden Entoderm und dem Ektoderm, das nach *Haeckels* Ansicht sich aus vielen zu einem Syncytium verschmolzenen Zellen zusammensetzen soll. Beide Schichten sollen

schon in der Larve unterschieden sein, das Ektoderm als eine Lage kleiner Geißelzellen, das Entoderm als ein Haufen großer dotterreicher Zellen. Aus dem zweischichtigen Asconschlauch werden durch reichere Entfaltung des Gastrovascular-system der Sycon- und Leucontypus abgeleitet.

Von diesen Angaben hat sich zweierlei nicht bewahrt: 1. der syncytiale Charakter des Ektoderms, welches vielmehr aus einer Art Binde-substanz besteht; 2. die Umbildungsweise der schwimmenden Larve in den festsitzenden jungen Schwamm, insofern umgekehrt als wie sich *Haeckel* den Vorgang vorgestellt hatte, die großen dotterreichen Zellen die äußere, die kleinen Geißelzellen dagegen die innere Schicht des Kalkschwammes bilden. Trotz dieser Irrtümer haben die Untersuchungen über die Kalkschwämme eine Bedeutung gewonnen, welche weit über den Rahmen der Spongiologie hinausgeht. Denn sie wurden Ausgangspunkt für *Haeckels* mit Recht so berühmt gewordene Gasträatheorie, einer der bedeutsamsten Lehren auf dem Gebiet der vergleichenden Entwicklungsgeschichte.

Man muß sich den Zustand, in dem sich die Entwicklungsgeschichte vor *Haeckels* Gasträatheorie befand, vor Augen führen oder, wie der Schreiber dieser Zeilen, ihn selbst mit erlebt haben, um voll zu ermessen, welchen Fortschritt die Entwicklungsgeschichte durch die Gasträatheorie erfahren hat. Schon vor der Gasträatheorie war ein zweiblättriger Zustand des Keims für eine Anzahl Tiere der verschiedensten Tierstämme nachgewiesen worden. Man wußte ferner, daß der Körper der Hydrozoen aus zwei Zelllagen sich aufbaut, für welche *Huxley* den Namen Ektoderm und Entoderm gegeben hatte. Der Fortschritt, den *Haeckels* Studien zur Gasträatheorie herbeigeführt haben, ist ein dreifacher. Der erste Fortschritt bestand darin, daß *Haeckel* durch Sichtung des embryologischen Materials und an der Hand eigener Untersuchungen die weite Verbreitung des zweiblättrigen Keims im Tierreich feststellte. Einen zweiten Fortschritt erblicke ich in dem Nachweis, daß die Entstehungsweise des zweiblättrigen Keims überall die gleiche ist und auf dem Weg der Invagination erfolgt. Um dies festzustellen, hat *Haeckel* selbst Untersuchungen an dotterreichen Eiern, bei deren Studium die Einstülpungslehre auf große Schwierigkeiten stößt, angestellt. Wenn auch diese Untersuchungen nicht immer das Richtige getroffen haben, so hat sich doch die ihnen zugrunde liegende Idee als richtig herausgestellt. Der dritte durch die Gasträatheorie bedingte Fortschritt, und zwar der wichtigste, ist ein Fortschritt von prinzipieller Natur. *Haeckel* brachte die Entwicklung des inneren Keimblatts mit der Entwicklung des Darms in Zusammenhang und machte so seine Bildung verständlich, indem er den Vorgang physiologisch erklärte. Wer alle die hervorgehobenen Momente durchdenkt, wird es begreiflich finden, weshalb die Theorie bei

ihrer Veröffentlichung so ungeheures Aufsehen erregte. Wurde doch auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin eine besondere Sitzung der Diskussion der Gasträatheorie gewidmet. Damals bildete sie noch einen Gegenstand lebhaftesten Streites; jetzt ist sie ein gesichertes Besitztum der vergleichenden Entwicklungsgeschichte geworden.

In den meisten Werken, von denen hier die Rede war, war *Haeckel* genötigt, auch das Gebiet der systematischen Zoologie zu betreten. Aufgewachsen im Kampf gegen die systematische Richtung der Zoologie in der vordarwinistischen Zeit hatte er, wie jeder seiner Schüler weiß, einen lebhaften Zorn gegen die engherzige Speziesmacherei früherer Jahrzehnte. Und nun war er durch den Gang seiner Studien gezwungen, selbst neue Arten zu beschreiben und methodisch zu klassifizieren. Wie er selbst mit Befriedigung hervorhebt, hat er einige Tausend neuer Arten von Radiolarien geschaffen. Auch die Zahl neuer Medusen, Siphonophoren und Schwämme ist eine recht ansehnliche. Ein Systematiker im gewöhnlichen Sinn des Wortes ist er dabei nicht geworden. Ihm fehlte die dazu gehörige Eignung, wobei ich es dahingestellt sein lasse, ob man darin ein Lob oder einen Tadel erblicken will. Ihm fehlte vor allem die systematische Akribie, sowohl was die eingehende Sorgfalt in der Charakteristik der Arten, als auch die Sorgfalt in Fragen der Priorität anlangt. Die Art und Weise, in welcher er unter Nichtachtung der vorhandenen Namen eine rationale Benennung der Arten und Gattungen der Kalkschwämme durchzuführen versucht hat, hat wohl, und wie ich glaube mit Recht, die Mißbilligung aller Systematiker gefunden. Um so mehr verdient, seine Tätigkeit bei der Abgrenzung der größeren Abteilungen die Anerkennung der Zoologen. Hier gereichte ihm sein außergewöhnlich entwickelter Sinn für das Naturgemäße zum Vorteil. Um nur einiges zu nennen, so war die Art, in welcher er die fundamentalen Unterschiede zum Ausdruck brachte, welche zwischen dem Amphioxus und den Cyclostomen einerseits, den übrigen Wirbeltieren, besonders den Fischen andererseits bestehen, ein wesentlicher Fortschritt. Aber das sind mehr Fragen der Morphologie als der Systematik. Und so kann man wohl getrost den Satz vertreten, daß *Haeckel* keine engere Fühlung mit der Systematik besaß, auch nicht mit der wissenschaftlicheren Form, zu der sie sich in der Neuzeit entwickelt hat.

Das gleiche gilt auch, wie ich schon früher andeutete, von seinem Verhältnis zur physiologischen Betrachtungsweise in der Zoologie. *Haeckel* war der Theorie nach ein eifriger Vorkämpfer der mechanistischen Erklärung der Lebensvorgänge; und so hätte man erwarten sollen, daß ihn alle nach dieser Richtung zielenden Bestrebungen in besonderem Maße beschäftigt hätten. Das war aber nicht der Fall. Ich kann

mich nicht entsinnen, daß er den Untersuchungen über die physiologischen Eigenschaften des Protoplasmas oder den Arbeiten, welche darauf hinausgingen, durch das Studium analoger rein physikalischer Vorgänge Verständnis für die Lebensvorgänge des Protoplasmas zu gewinnen, Interesse entgegengebracht hätte. Zum Teil mag das wohl damit zusammengehangen haben, daß er derartige Versuche für aussichtslos oder wenigstens für verfrüht hielt oder daß er den durch sie gefundenen Analogien keinen erklärenden Wert beimaß, wie es sich für die früher so vielerörterte Traubesche Zelle in der Tat herausgestellt hatte. Der Hauptgrund war jedoch wohl darin gegeben, daß die gesamte den Versuchen zugrunde liegende Arbeitsweise seinem Wesen fremdartig war.

Als Vorkämpfer der Abstammungslehre hat *Haeckel* ferner viel über Vererbung und Anpassung, Variabilität und Selektion geschrieben. Aber die exakte analytische Untersuchung dieser Vorgänge fand in seiner Natur keinen Widerhall. Nicht nur daß er nach dieser Richtung keine eigenen Untersuchungen angestellt hat — das war begreiflich, da er ganz in der morphologischen Richtung aufgewachsen war und die experimentell physiologische Forschungsweise zu einer Zeit einsetzte, als er die Anpassungsfähigkeit der Jugend verloren hatte —, aber es haben auch die großen Fortschritte, welche von anderen Forschern auf diesem Gebiet im Lauf der Jahrzehnte erzielt worden waren, auf sein Denken nicht den Einfluß gewonnen, welchen sie verdient hätten. Und so kam es, daß er in den letzten Jahrzehnten

sich mehr und mehr den in der Zoologie herrschenden Bestrebungen entfremdete. Um so mehr entfaltete sich die naturphilosophische Seite seines Wesens. War die Neigung, von den Tatsachen der Beobachtung ausgehend eine einheitliche Weltauffassung bis in ihre letzten Konsequenzen auszubilden, neben der Freude am Beobachten und am Entdecken von Gesetzmäßigkeiten von früher her ein mächtiger Faktor in seiner ganzen Begabung gewesen, so wurde sie jetzt zur wärmenden Sonne, welche seinen Lebensabend beschien. Von vielen Seiten, auch von Freunden, die, wie der Schreiber dieser Zeilen, mit seinen Grundanschauungen übereinstimmten, ist ihm das verdacht worden, wenn auch nicht die Tatsache selbst, sondern die Art, in welcher er seine Anschauungen vortrug, in der die ganze leidenschaftliche Energie und Überzeugungstreue, die dem jungen Mann eigentümlich war, in ungebändigter Kraft zum Ausdruck kam. Indessen große Männer müssen als ein Ganzes betrachtet und hingenommen werden. Dasselbe Ungestüm, mit welchem *Haeckel* in seinen Welträtseln und Weltwundern gegen viele Einrichtungen in Kirche und Staat, gegen altergebrachte ehrwürdige Glaubenssätze und Vorstellungen Sturm lief, war die Quelle seiner Kraft, als es galt, dem Darwinismus freie Bahn zu brechen und der zoologischen Wissenschaft frische Impulse und neues Leben zu verleihen. Und so wollen wir uns mit Dankbarkeit des Großen erinnern, was er geleistet hat, und stolz darauf sein, uns freuen, daß er einer der unseren gewesen ist.

Haeckel als Philosoph.

Von Th. Ziehen, Halle.

Von einem philosophischen System kann bei den Anschauungen, die *Haeckel* in seinen kleineren und größeren philosophischen Schriften niedergelegt hat, insofern kaum die Rede sein, als seine philosophischen Lehren seit dem Jahr 1893, in dem er sein „Glaubensbekenntnis eines Naturforschers“ (Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft, Bonn 1893) veröffentlichte, und noch mehr seit der Schrift „Perigenesis der Plastidule“ (Berlin 1876) und dem Vortrag „Zellseelen und Seelenzellen“ am 22. März 1878 (2. Aufl. Leipzig 1909) sich noch fortgesetzt umgewandelt haben und in manchen Hauptpunkten niemals zu völliger Klärung gelangt sind. Nur einige Leitsätze hat *Haeckel* während seines ganzen wissenschaftlichen Lebens festgehalten. Unter diesen steht das monistische Prinzip an erster Stelle. Die Einheit alles Gegebenen ist für ihn ein absolutes Postulat, ein Glaubenssatz, für den es keines Beweises bedarf. Es ist daher ganz richtig, wenn er selbst den Monismus als Band zwischen Religion und

Wissenschaft auffaßt und bezeichnet. Die vielfachen Verteidigungen und Verherrlichungen des Monismus erinnern oft mehr an begeisterte Predigten als an wissenschaftliche Beweise bzw. Beweisversuche. Auch wer mit mir der Ansicht ist, daß das Gegebene sowohl nach seiner subjektiven wie nach seiner objektiven Seite eine monistische Lösung fordert, wird zugeben müssen, daß der Haeckelsche Monismus sich allzu sehr auf Gefühlsargumente stützt und wohl auch gerade deshalb nicht zu einer klaren Formulierung gelangt ist.

Haeckel hat selbst schon im Jahre 1878 richtig erkannt, daß die Bewußtseinsphänomene — die psychischen Erscheinungen — einem naturwissenschaftlichen Monismus, wie er sich ihm vom rein naturwissenschaftlichen Standpunkt zunächst aufdrängte, im Wege standen. Es ist dabei sehr charakteristisch, daß er zeitlebens die materielle Reihe des Gegebenen als die primäre betrachtet hat. Alle seine Bestrebungen gehen nur dahin, die psychische Reihe so zu deuten, daß sie den

geforderten Monismus nicht stört. *Methodologisch* steht daher *Haeckel* durchweg auf einem materialistischen Standpunkt, wenn er auch, wie sich alsbald ergeben wird, im *Inhalt* seiner Lehren sich oft erheblich vom Materialismus entfernt. Daher nennt er z. B. auch seine Bewußtseinstheorie die monistische oder „physiologische“ (Welträtsel, Bonn 1899, S. 207). Nicht weniger charakteristisch ist auch, daß *Haeckel* sich niemals die erkenntniskritische Frage vorgelegt hat, ob denn die Unterscheidung der beiden Reihen, der psychischen und der materiellen, richtig bzw. in welchem Sinne sie richtig ist. Nicht einmal die Tatsache, daß alles Gegebene als solches lediglich dem entspricht, was wir vom Standpunkt der üblichen dualistischen Unterscheidung von Materiellem und Psychischem als psychisch bezeichnen müssen, ist ihm klar zum Bewußtsein gekommen. Hieraus erklärt sich sein Mangel an Verständnis für alle idealistischen Systeme, für die kritische Philosophie und auch für den *modernen* Positivismus. Ein vielleicht als sehr gesund anmutender, aber schließlich doch unhaltbarer naiver materialistischer Realismus ist neben dem Monismus ein zweiter Grundzug der *Haeckelschen* Weltanschauung.

Um nun die doch nun einmal nicht wegzuleugnende Reihe der psychischen Erscheinungen innerhalb seines Monismus unterzubringen, hat *Haeckel* verschiedene Wege eingeschlagen. Zunächst half er sich damit, daß er gewissermaßen die Längenverschiedenheit der psychischen und der materiellen Reihe auszugleichen versuchte. Er nahm wie andere zu diesem Zweck an, daß dem Protoplasma aller Zellen, sowohl der tierischen wie der pflanzlichen, und zwar den gleichartigen Molekülen desselben, den Plastidulen als „Grundeigenschaft“ „Beseelung“ zukomme, d. h. „die Fähigkeit, Reize verschiedener Art zu empfinden und auf diese Reize durch bestimmte Bewegungen zu reagieren“. Die Ungleichheit der Länge der beiden Reihen war damit nur gemildert, nicht beseitigt: Das Anorganische nahm als unbeseelt noch eine Ausnahmestellung ein und störte die Symmetrie, die der Monismus nicht entbehren zu können glaubt. So war es denn ganz konsequent, daß *Haeckel* im Jahre 1904 in seinem Werk „Die Lebenswunder“ *aller* Substanz allgemeine Empfindung, das Psychoma, zuschrieb, also psychische Prozesse zuordnete. In den Schriften „Gott = Natur“ (2. Aufl. Jena 1914) und „Kristallseelen“ (Leipzig 1917) führte *Haeckel* diese „Psychom“-lehre weiter aus und nahm auch für die Elektronen, wie für die Atome und Moleküle, ein „psychomatisches Prinzip“, eine „elektrische Fühlung“ an. Unverkennbar war die unter dem Einfluß des monistischen Prinzips ausmalende und nach Analogien kombinierende Phantasie auch hier durchaus im Übergewicht gegenüber der exakt empirischen oder logischen Begründung. Aber auch hier traf *Haeckels* Lehre — wie bei dem monistischen Prinzip — mit einer auch exakter begründbaren

philosophischen Lehre, dem Hylozoismus, richtiger Hylopsychismus, zusammen, einer Lehre, die gerade auch von schroffen Gegnern *Haeckels*, wie z. B. *Paulsen*, vertreten worden ist.

Mit der Herstellung der gleichen Länge der beiden Reihen war nun aber die monistische Aufgabe nicht gelöst. Es handelte sich weiter um die Beziehung der beiden Reihen und um den Nachweis irgendeiner Einheitlichkeit derselben. Diesem Problem war *Haeckel* nicht gewachsen. Mit dem von *Haeckel* immer wieder geführten Nachweis, daß auch die psychischen Funktionen sich phylogenetisch entwickelt haben, war der Parallelismus der beiden Reihen nochmals bestätigt, aber ihr Dualismus nicht aufgehoben. Meist behilft *Haeckel* sich mit dem Terminus „beseelte Materie“ in vielen Variationen. Die entscheidende Kardinalfrage der Erkenntnistheorie bezieht sich nun aber gerade auf das *Verhältnis* des Seelischen zum Materiellen, der Beseelung zur Materie. Hierauf vermissen wir bei *Haeckel* eine bestimmte, klare Antwort. In seinen früheren Arbeiten war er geneigt, von Atomen zu sprechen, die einerseits die Eigenschaft der Ausdehnung und andererseits die Eigenschaft der Empfindung und des Gedächtnisses haben. Dieser Darstellung gegenüber mußte eingewendet werden, daß, wenn die körperliche Eigenschaft der Ausdehnung und die seelische Eigenschaft der Empfindung und des Gedächtnisses koordiniert sind, keinerlei Recht und Anlaß besteht, ihren Träger als Atom zu bezeichnen und dadurch einseitig der materiellen Reihe einzuordnen. Der methodologische Materialismus *Haeckels* lag offenbar dieser einseitigen Auffassung zugrunde. Die Subordination, welche der Materialismus (im inhaltlichen Sinne) für das Psychische behauptet, wird von *Haeckel* nicht vertreten, aber doch terminologisch nahegelegt. Später hat *Haeckel* den Träger gewöhnlich als „Substanz“ bezeichnet und ihr drei „Essential-Attribute“, nämlich Materie, Energie und Seele, zugeschrieben (vgl. z. B. Gott = Natur 2. Aufl., 1914, S. 28 und 36 und Kristallseelen, 1917, S. 96). Ganz abgesehen davon, daß die Aufstellung und Trennung der Eigenschaften „Materie“ und „Energie“ unzureichend begründet wird, ist die Annahme einer „Substanz“, welche diese „Grundeigenschaften“ haben soll, ohne jeden Erkenntniswert. Da wir über diese Substanz schlechterdings sonst gar nichts aussagen können, ist sie eine ebenso dogmatische und spekulative Fiktion wie etwa die Seele und die Seelenvermögen der rationalen Psychologie oder die geheimnisvolle Schwerkraft der vorgalileischen Physik. Den Erscheinungen und ihren Veränderungen und deren Gesetzen werden Träger hypostasiert. Hier rächt sich, daß *Haeckel* für den neueren Positivismus (z. B. *Mach*) fast unzugänglich war. Wir werden bei der Kardinalfrage mit einem rein begrifflichen x, streng genommen mit einem Wort („Substanz“) abgespeist. Wenn *Haeckel* sich bei diesen Darlegungen oft auf *Spinoza* bezieht, so

muß hervorgehoben werden: erstens, daß allerdings auch in *Spinozas* System der Monismus nur durch eine begriffliche Konstruktion *scheinbar* hergestellt wird, zweitens aber, daß *Spinoza* die Attribute seiner *einen* Substanz nicht an sich, sondern nur in der menschlichen Auffassung zuschreibt (*attributa = id quod intellectus de substantia percipit tanquam ejusdem essentiam constituens*)¹⁾. Der Haeckelsche „naturalistische Monismus oder kosmische Hylozoismus“ kommt über den Satz, daß jene Grundeigenschaften „untrennbar verbunden“ sind, nicht hinaus. Eine solche durchgängige Koexistenz — etwa nach Analogie der theologischen Trinität — ist aber durchaus kein Monismus. So wird es auch begreiflich, daß *Haeckel* selbst den Terminus „Monismus“ durchaus nicht immer in demselben Sinn braucht und ihn z. B. gelegentlich dem Dualismus von Offenbarung und Erfahrung gegenüberstellt. Will man sich schon mit einem Monismus begnügen, der nur diesen Dualismus beseitigt, so ist anzuerkennen, daß der Haeckelsche Monismus dies leistet. Der philosophische Monismus stellt sich nun aber eine viel höhere Aufgabe, nämlich die Aufhebung des Dualismus des Materiellen und Psychischen, und nicht selten erkennt *Haeckel* auch diese Problemstellung ganz richtig. Gelöst oder auch nur gefördert hat er *dies* Problem in keiner Weise.

Es kommt hinzu, daß er die psychische Grundeigenschaft, welche er seiner Substanz zuschreibt, nicht klar und konsequent bestimmt. Selbst in den späteren Werken bestehen in dieser Beziehung Unklarheiten und Schwankungen. Bald werden z. B. als „erste Elemente alles Seelenlebens“ „die einfache Empfindungsform der *Lust* und *Unlust*, die einfache Bewegungsform der *Anziehung* und *Abstoßung*“ angenommen (Zellseelen usw. 1878, 2. Aufl. 1909, S. 51), bald betont er ausdrücklich, er stelle sich die elementaren psychischen Tätigkeiten der Empfindung und des Willens als unbewußt vor, und fügt noch ein ebenfalls unbewußtes elementares Gedächtnis hinzu (vgl. z. B. *Welträtsel*, Bonn 1899, S. 206). Er bemerkt nicht, daß die Unterscheidung zwischen Seele und Bewußtsein und die damit bei ihm zusammenhängende Annahme unbewußter psychischer Prozesse durch nichts begründet ist, daß gerade vom naturwissenschaftlichen Standpunkt die Zweckmäßigkeit der Natur auch ohne diese Annahme durchaus verständlich ist, und daß wir mit dem Terminus „unbewußte psychische Prozesse“ überhaupt keine irgendwie klare Vorstellung verbinden können. Er ist stets ein Lückenbüßer und übles Auskunftsmittel, das sich einstellt, wenn eine Theorie oder ein System versagt. Wenn *Haeckel* dann davon spricht, daß im Bewußtsein „Subjekt und Objekt in eins zusammenfallen“, und daß „das erkennende Subjekt sich in seinem eigenen inneren Wesen, welches Objekt der Erkenntnis sein soll, spiegelt“, so nehmen sich

diese Sätze mitten in seinen sonstigen Lehren sehr seltsam und fremdartig aus. Soll diese Frage wirklich mit einem Spiegelvergleich erledigt sein? Und inwiefern kann überhaupt die Großhirnrindenerregung ein Objekt haben, mit dem sie als Subjekt in eins zusammenfällt?

So anregend also auch die monistischen und hylopsychistischen Erörterungen *Haeckels* gewirkt haben mögen, das philosophische Problem des Monismus und Hylopsychismus und der Zerlegung des Gegebenen in die psychische und die materielle Reihe wird der Lösung um keinen Schritt näher gebracht. *Haeckels* ganze auf das Anschauliche gerichtete Veranlagung war der Behandlung solcher erkenntnistheoretischer Fragen nicht günstig.

Andererseits muß es als eine ungerechte und kurzsichtige Übertreibung bezeichnet werden, wenn z. B., sofern ich mich recht erinnere, *Paulsen* von einer Beschämung gesprochen hat, welche gegenüber den Haeckelschen *Welträtseln* am Platze sei. Mit etwa demselben Recht könnte man von einer Beschämung gegenüber den Werken *Hegels* reden, welcher in umgekehrter Einseitigkeit die Naturvorgänge und -gesetze dem Logischen untergeordnet und dabei die schwersten Irrtümer und Vergewaltigungen begangen hat. Beide Systeme, das Hegelsche und das Haeckelsche, geben einen einseitigen Weltbegriff, aber beide haben einen erheblichen Einfluß auf das philosophische Denken gehabt und werden ihn noch lange Zeit haben. Dabei ist nur billig anzuerkennen, daß die Hegelschen Gedanken weit tiefer und origineller sind, während *Haeckels* Gedanken — trotz einer sehr viel festere Grundlage bezüglich der naturwissenschaftlichen Tatsachen — doch relativ oberflächlich bleiben und durchweg nur ältere Anschauungen in naturwissenschaftlicherer Form (*sic venia verbo*) wiederholen.

Vollständig wird das Bild des Philosophen *Haeckel* erst, wenn wir schließlich noch den Idealismus (im gefühlsmäßigen Sinn) hervorheben, der alle seine Werke durchzieht. Begeisterung für das Erkennen bis zu den letzten Problemen und Begeisterung für das von ihm für wahr Gehaltene ist für sein Leben wie für seine Schriften bezeichnend. In einer Zeit, in der nicht wenige Naturforscher sich ganz in ihr Spezialfach einsperren und leider zuweilen bausenhaft die Beschäftigung mit philosophischen Problemen ablehnen und bekämpfen, kann *Haeckels* Interesse für Philosophie vorbildlich wirken. Es muß sich nur mit derjenigen scharfen Kritik verbinden, welche die Philosophie seit *Kant* — allerdings unter vielen kritiklosen Rückfällen — jetzt ganz ebenso wie die Naturwissenschaften von ihren Forschungen verlangt. Aus dieser Begeisterung erklärt es sich auch, daß *Haeckel* seinen Monismus auch auf die Ethik überträgt und auch oft für ihn geradezu den Charakter einer Religion beansprucht: das Ge-

¹⁾ Wenigstens ist dies die richtige Deutung der *Spinozaschen* Lehre.

fühlsmoment, welches für die Haeckelsche Philosophie fast ebenso charakteristisch ist wie die naturwissenschaftliche, vorzugsweise biologische Grundlage, kommt hierin deutlich zum Ausdruck.

Man hat oft gesagt, daß die Haeckelsche Philosophie namentlich jugendliche und halbgebildete, unkritische Menschen zu ihren Anhängern zähle. Die Tatsache ist richtig. Es kann auch zugegeben werden, daß *Haeckels* Darstellung manchen zur kritiklosen Annahme einseitig naturwissenschaftlicher Dogmen verleitet. An-

dererseits habe ich doch auch schon viele kennen gelernt, die offen bekannten, daß sie dem Einfluß der Person und der Schriften *Haeckels* ihre Philosophie im wörtlichen Sinne, d. h. ihre Liebe zur Erkenntnis und insbesondere das Interesse für die allgemeinsten Probleme des Gegebenen verdanken, und die über dieser Begeisterung ihre kritische Besonnenheit nicht verloren haben. Von diesem Standpunkt aus bekommt die Gestalt *Haeckels* auch in der Geschichte der Philosophie eine Bedeutung, die noch lange fortwirken wird.

Die Schriften Ernst Haeckels.

Zusammengestellt von Thilo Krumbach, Rovigno.

Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, geboren 16. Februar 1834, gestorben 9. August 1919.

Wenn das nachfolgende Verzeichnis das zoologische Werk *Ernst Haeckels* erschöpfend nachweist, so ist das in erster Linie der vortrefflichen Bibliothek des Grazer Zoologischen Instituts (Bibliothek C. Th. v. Siebolds und Hofrats Ludwig von Graff) zu verdanken. Für die monistischen Arbeiten hat mehrfach auf das Verzeichnis der Druckschriften *Ernst Haeckels* von Dr. Heinrich Schmidt in dem Werke „Was wir Ernst Haeckel verdanken“ 1. Band, Leipzig 1914, zurückgegriffen werden müssen.

1855. „Über die Eier der Scomberesoces“. — *Müllers Archiv für Anatomie* 1855, S. 23—32, Taf. 4 u. 5.

1856. Zwei medizinische Abhandlungen aus Würzburg: I. „Über die Beziehungen des Typhus zur Tuberculose“. II. „Fibroid des Uterus“. — *Wiener medizinische Wochenschrift* 6. Jahrg. Bd. 1, S. 1. 17. 97.

1857. „De telis quibusdam Astaci fluvialitilis“. Dissertatio inaugurialis. Berolini. J. G. Schade. 2 tav. 48 Seiten.

1857. „Ueber die Gewebe des Flußkrebse“. — *Müllers Archiv für Anatomie und Physiologie* 1857, S. 469—568, 2 Tafeln.

1858. „Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie der Plexus choroides“. — *Virchows Archiv für pathologische Anatomie* Bd. 16, S. 253—289, 1 Tafel.

1859. „Über die Augen und Nerven der Seeesterne“. — *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* Bd. 10, S. 183—190, 1 Tafel.

1860. „Reiseskizzen aus Sizilien“. — *Zeitschrift für allgemeine Erdkunde*, Berlin 1860, N. F. Bd. 8, S. 433—468.

1860. „Abbildungen und Diagnosen neuer Gattungen und Arten von lebenden Radiolarien des Mittelmeeres“. — Monatsbericht der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 20. Dezember 1860. S. 835—845.

1860. „Ueber neue lebende Radiolarien des Mittelmeeres“. — Monatsbericht der Berliner Akademie 1860. S. 794—845.

1861. „De Rhizopodum finibus et ordinibus“, pro venia legendi in litterarum Universitate Jenensi. Die IIII. M. Mart. 1861. Berolini, Typis Georgii Reimer. 16 Seiten.

1862. „Die Radiolarien (Rhizopoda radiaria)“. Eine Monographie. Ein Band in Folio von 572 Seiten mit einem Atlas von 35 Kupfertafeln. Berlin bei Georg Reimer.

1863. „Über die Entwicklungstheorie Darwins“. Öffentlicher Vortrag am 19. September 1863 in der Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte zu Stettin. 16 Seiten in 4°.

1864. „Beiträge zur Kenntnis der Corycaiden (Copepoden)“. — *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft* Bd. 1, S. 61. 3 Tafeln.

1864. „Beschreibung neuer Craspedoten-Medusen aus dem Golfe von Nizza“. — *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft* Bd. 1, S. 325—342.

1864. „Die Familie der Rüsselquallen (Medusae Geryonidae)“. — *Jenaische Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaft* Bd. 1 (1864), S. 435—469, Tafel 11 und 12.

1865. „Ueber eine neue Form des Generationswechsels bei den Medusen und über die Verwandtschaft der Geryoniden und Aeginiden“. — Monatsbericht der Berliner Akademie (1863), S. 83—94.

1865. „Die Familie der Rüsselquallen (Medusae Geryonidae)“. — *Jenaische Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaft* Bd. 2 (1865), S. 93—322, Tafel 4, 5, 6 und 9 (Fortsetzung und Schluß).

1865. „Ueber fossile Medusen“. — *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* Bd. 15, S. 504—514, Tafel 39.

1865. „Ueber den Sarcodkörper der Rhizopoden“. Ebda. S. 342—370, Tafel 26.

1865. „Beiträge zur Naturgeschichte der Hydro-medusen“. 1. Heft: „Die Familie der Rüsselquallen (Geryonidae)“. Eine Monographie. 204 S., 6 Tafeln. Leipzig, Engelmann.

1866. „Generelle Morphologie der Organismen“. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformierte Descendenz-Theorie. Erster Band: „Allgemeine Anatomie der Organismen“. Kritische Grundzüge der mechanischen Wissenschaft von den entwickelten Formen der Organismen, begründet durch die Descendenz-Theorie. 574 S. Mit zwei Promorphologischen Tafeln. — Zweiter Band: „Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen“. Kritische Grundzüge der mechanischen Wissenschaft von den entstehenden Formen der Organismen, begründet durch die Descendenz-Theorie. Mit acht genealogischen Tafeln. 462 S. Berlin, Verlag von Georg Reimer. — Der 1. Bd. ist Carl Gegenbauer gewidmet, der 2. Charles Darwin, Wolfgang Goethe und Jean Lamarck.

1866. „Über zwei neue fossile Medusen aus der Familie der Rhizostomiden“. — Neues Jahrbuch für Mineralogie 1866, S. 257, Tafel 5 u. 6.

1867. „Eine zoologische Exkursion nach den Kanarischen Inseln“. — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 3, Heft 4, S. 313—328.

1868. „Natürliche Schöpfungsgeschichte“. Gemeinverständliche, wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklungslehre im Allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen, über die Anwendung derselben auf den Ursprung des Menschen und andere damit zusammenhängende Grundfragen der Naturwissenschaft. 568 S. Berlin, Verlag von Georg Reimer.

1868. „Ueber die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts“. Zwei Vorträge. Berlin 1868, Lüdertzsche Buchhandlung. Virchow-Holtzendorffsche Sammlung, 3. Serie, Heft 52 u. 53. 80 S.

1869. „Monographie der Moneren“. — Jenaische Zeitschrift Bd. 4, Heft 1, S. 64—137, Tafel 2 u. 3.

1869. „Ueber den Organismus der Schwämme und ihre Verwandtschaft mit den Korallen“. — Jenaische Zeitschrift Bd. 5, S. 207—235.

1869. „Prodromus eines Systems der Kalkschwämme“. — Ebda. S. 236—254.

1869. Zur „Entwicklungsgeschichte der Siphonophoren“. Beobachtungen über die Entwicklungsgeschichte der Genera Pysophora, Crystalloides, Athorybia und Reflexionen über die Entwicklungsgeschichte der Siphonophoren im Allgemeinen. 120 S. Mit 14 Tafeln. Utrecht, C. van der Post jr., 1869.

1869. „Ueber die fossilen Medusen der Jurazeit“. — Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. 19, S. 538, 3 Tafeln.

1869. „Ueber die Crambessiden, eine neue Medusenfamilie aus der Rhizostomeengruppe“. — Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. 19, Heft 4 (1869), S. 509—536, 2 Tafeln.

1869. „Ueber Arbeitstheilung in Natur- und Menschenleben“. Mit 1 Titelkupfer und 18 in den Text eingedruckten Holzschnitten. 40 S. Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge. Herausgegeben von Rud. Virchow und Fr. v. Holtzendorff.

1869. „Ueber Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie“. Rede gehalten beim Eintritt in die philosophische Fakultät zu Jena am 12. Januar 1869. — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 5, Heft 3, S. 353—370.

1870. „Beiträge zur Plastidentheorie“. — Jenaische Zeitschrift Bd. 5, Heft 3, S. 492—550. Taf. 17 u. 18.

1870. „Eine Besteigung des Pik von Teneriffa“. — Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Bd. 5 (S. 1—28), Berlin.

1870. „Das Leben in den größten Meeresstiefen“. Mit 1 Titelbild in Kupferstich und 3 Holzschnitten. 43 S. Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge, herausgegeben von Virchow und Holtzendorff. 5. Serie, Heft 110. Berlin, C. G. Lüdertzsche Verlagsbuchhandlung.

1870. „Biologische Studien“. I. Heft: „Studien über Moneren und andere Protisten“. 184 S. Mit 6 Kupfertafeln. Leipzig, W. Engelmann, 1870. (Vergriffen.) „Ueber Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie“. Rede 12. Januar 1869. I. Monographie der Moneren. II. Beiträge zur Plastidentheorie.

III. Die Catallacten, eine neue Protistengruppe. IV. Nachträge zur Monographie der Moneren.

1870. „Über die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts“. Zwei Vorträge. Zweite verbesserte Auflage. Preis 15 Sgr. Berlin, C. G. Lüdertzsche Verlagsbuchhandlung.

1871. Über die sexuelle Fortpflanzung und das natürliche System der Schwämme. — Jenaische Zeitschrift Bd. 6, S. 642.

1872. „Die Kalkschwämme“. Eine Monographie. Erster Band (Genereller Teil) Biologie der Kalkschwämme. 484 S. Zweiter Band (Spezieller Teil) System der Kalkschwämme. 418 S. Dritter Band (Illustrativer Teil) Atlas der Kalkschwämme: 60 Tafeln, Abbildungen nebst Erklärungen. Berlin, Verlag von Georg Reimer, 1872.

1873. „Zur Morphologie der Infusorien“. 54 S. mit 2 Tafeln, Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1873. Separatabdruck aus der Jenaischen Zeitschrift Bd. 7, Heft 4.

1874. „Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen“. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Grundzüge der menschlichen Keimes- und Stammesgeschichte. Mit 12 Tafeln, 210 Holzschnitten und 36 Genetischen Tabellen. 732 S. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann.

1874. „Die Gastraeatheorie, die phylogenetische Klassifikation des Tierreichs und die Homologie der Keimblätter“. — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 8, 1874, S. 1—55, Taf. 1.

1874. „Ueber eine sechszählige fossile Rhizostomee und eine vierzählige fossile Semaestomee“. Vierter Beitrag zur Kenntniß der fossilen Medusen. — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 8, 1874, S. 308, Taf. 10 u. 11.

1875. „Brussa und der asiatische Olymp“. — (April 1873.) — Deutsche Rundschau, S. 41—54.

1875. „Die Gastrula und die Eiführung der Tiere“. — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 9 (1875) S. 402—508, Tafel 19—25.

1875. „Ziele und Wege der heutigen Entwicklungsgeschichte.“ Jena, Hermann Duft. 99 Seiten. Dem allverehrten Altmeister der Entwicklungsgeschichte Carl Ernst Baer, der vor fünfzig Jahren der Morphologie die genetische Grundlage gab, widmet diese kritischen Blätter in vorzüglicher Hochachtung der Verfasser. Jena im Oktober 1875.

1876. „Arabische Korallen.“ Ein Ausflug nach den Korallenbänken des Rothen Meeres und ein Blick in das Leben der Korallentiere. Populäre Vorlesung mit wissenschaftlichen Erläuterungen. 48 Seiten. Mit 5 Tafeln in Farbendruck und 20 Holzschnitten. Berlin, Georg Reimer, 1876. Das farbige Titelbild trägt die Jahreszahl 1875. — Ismail Pascha gewidmet.

1876. „Die Perigenesis der Plastidule oder die Wellenzugung der Lebenstheilen.“ Ein Versuch zur mechanischen Erklärung der elementaren Entwicklungsvorgänge. 80 Seiten. Mit einer Tafel. Verlag von Georg Reimer.

1877. „Die Physemarien (Haliphysema und Gastrophysema), Gastraeaden der Gegenwart“. — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 11, 1877, S. 1 bis 54, Tafel 1—6.

1877. „Die Urkunden der Stammesgeschichte.“ — Kosmos (Zeitschrift für einheitliche Weltanschauung auf Grund der Entwicklungslehre in Verbindung mit Charles Darwin und Ernst Haeckel . . . herausgegeben

von Otto Caspari, Gustav Jäger und Ernst Krause),
I. Jahrg. I. Bd., S. 26—35.

1877. „Biologische Studien.“ II. Heft: Studien zur
Gastraea-Theorie. 270 Seiten. Mit 14 Tafeln. Jena,
Verlag von Hermann Dufft. 1877. Preis 12 M. —
I. Die Gastraeatheorie, die phylogenetische Classi-
fication des Thierreichs und die Homologie der Keim-
blätter. II. Die Gastrula und die Eifurchung der
Thiere. III. Die Physemarien (Haliphysema und
Gastrophysema), Gastraeaden der Gegenwart.

1877. „Bathybius und die Moneren.“ Seite 293 bis
309: Kosmos 1. Jahrg., I. Bd.

1877. „Corin.“ Deutsche Rundschau 1877, S. 477—508.

1878. „Über die Individualität des Thierkörpers.“
Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 12,
1878, S. 1.

1878. „Die Kometenform der Seesterne und der
Generationswechsel der Echinodermen.“ — Zeitschrift
für wissenschaftliche Zoologie Bd. 30, 1878, Suppl.
S. 424—445, Taf. 20.

1878. „Zellseelen und Seelenzellen.“ — Deutsche
Rundschau Bd. 16, Seite 40—60.

1878. „Freie Wissenschaft und freie Lehre.“ Eine
Entgegnung auf Rudolf Virchow's Münchener Rede über
„Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat“.
Motto: Impavidi progrediamur. 106 Seiten. Stuttgart,
E. Schweizerbartsche Verlagshandlung (E. Koch).
(Seite 94—106 Anhang: Einige Stimmen der Presse
über Virchow's Münchener Rede.)

1878. „Tischreden beim Festabend des Wiener
Journalisten- und Schriftsteller-Vereins Concordia.“
Wiener Medizinische Blätter, I. Jahrgang, Nr. 1
(Seite 17 und 18), 28. März 1878.

1878. „Gesammelte populäre Vorträge aus dem
Gebiete der Entwicklungslehre.“ I. Heft, mit 50 Abb.
im Text und einer Farbendrucktafel. Bonn, Emil
Strauß. 1878.

1878. „Das Protistenreich.“ Seite 10—21, 105—127,
215—227: Kosmos 2. Jahrg. 3. Bd. 1878.

1878. „Das Protistenreich.“ „Eine populäre Ueber-
sicht über das Formengebiet der niedersten Lebewesen.“
Mit einem wissenschaftlichen Anhang: System der
Protisten. Mit zahlreichen Holzschnitten. 104 Seiten.
Leipzig, Ernst Günthers Verlag 1878.

1878. „Ursprung und Entwicklung der Sinnes-
werkzeuge.“ Seite 20—32 und 99—114: Kosmos,
2. Jahrgang, 4. Band, 1878—79.

1879. „Ueber die Phaeodarien, eine neue Gruppe
kieselchaliger mariner Rhizopoden.“ — Sitzb. d.
Jenaischen Gesellsch. f. Medizin u. Naturwissenschaft,
Jahrgg. 1879. Sitzung vom 12. Dezember. 7 Seiten.

1879. „Einstämmiger und vielstämmiger Ursprung.“
Seite 360—376. Kosmos, 2. Jahrg. 4. Band.

1879. „Ursprung und Stammverwandtschaft der
Gtenophoren.“ — Sitzungsberichte der Jenaischen
Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft: Sitzung
vom 16. Mai. 10 Seiten. Übereinstimmend damit ist
das folgende:

1879. „Ueber die Stammverwandtschaft zwischen
Schirmqualen und Kammqualen, begründet durch eine
neue Uebergangsform zwischen beiden.“ Kosmos (Zeit-
schrift für einheitliche Weltanschauung auf Grund der
Entwicklungslehre), 3. Jahrg., 5. Bd., S. 348—356,
3 Abbildg.

1879. „Gesammelte populäre Vorträge aus dem Ge-
biete der Entwicklungslehre.“ II. Heft mit 30 Abb.
im Text und 1 Farbendrucktafel. Bonn, Emil Strauß,
1879. Mit I zusammen 8 Mark.

1879. „Das System der Medusen.“ Erster Theil
einer Monographie der Medusen. 28 und 672 Seiten.
Mit einem Atlas von 40 Tafeln. Jena, Gustav Fischer.
1879. System der Craspedoten: Erste Hälfte des
Systems der Medusen.

1880. „System der Araspeden.“ Zweite Hälfte des
Systems der Medusen.

1880. „Die Organisation und Klassifikation der
höheren Medusen-Akraspeden.“ — Sitzb. der Februar-
sitzung der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und
Naturwissenschaften. S. a. Kosmos, 4. Jahrg., 7. Bd.,
Heft 4, Seite 310—318.

1880. „Über die Organisation und Klassifikation
der Diskomedusen.“ — Sitzung der Jenaischen Gesell-
schaft für Medizin, 11. Juni. — S. a. Kosmos, 4. Jahr-
gang, 8. Band, Heft 7, Seite 48—50. 1880—81.

1881. „Ein neuer Fall von abgekürzter Entwick-
lung.“ Mit 9 Holzschnitten. Seite 29 bis 44: Kosmos,
5. Jahrg., 9. Bd. Betrifft die Medusen *Aurelia*, *Pe-
lagia*, *Chrysaora*.

1881. „Entwurf eines Radiolarien-Systems auf
Grund der Studien der Challenger-Radiolarien.“ —
Jenaische Zeitschrift Bd. 15, N. F. 8, Seite 418—472.

1881. „Metagenesis und Hypogenesis von *Aurelia*
aurita.“ Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte
und Teratologie der Medusen. Jena, Gustav Fischer,
36 Seiten, 2 Tafeln.

1881. „Die Tiefsee-Medusen der Challenger-Reise
und der Organismus der Medusen.“ Zweiter Theil
einer Monographie der Medusen. 205 Seiten. Mit
einem Atlas von 32 Tafeln und mit 8 Holzschnitten.
Jena, Gustav Fischer, 1881.

1882. „Report on the Deep-Sea Medusae dredged
by H. M. S. Challenger, during the years 1873 to
1876.“ — Challenger Report Zoology Vol 4.

1882. „Die Naturanschauung von Darwin, Goethe
und Lamarck.“ — Vortrag in der ersten öffentlichen
Sitzung der fünfundfünfzigsten Versammlung Deut-
scher Naturforscher und Aerzte zu Eisenach am 18.
September 1882. 64 Seiten. Jena, Verlag von Gustav
Fischer. (Auch im Oktober-Heft der „Deutschen
Rundschau.“) Darin das Gedicht „Faust's Schatten
an Charles Darwin“ von Arthur Fitger.

1882. „Indische Reisebriefe.“ Mit dem Porträt
des Reisenden und 20 Illustrationen in Lichtdruck
sowie einer Karte der Insel Ceylon. Berlin, Verlag
von Gebrüder Paetel. (3. Auflage 1893.) Der Mutter
zum 84. Geburtstage gewidmet.

1883. „Die Ordnungen der Radiolarien.“ — Sitz-
ber. d. Jenaischen Ges. f. Medizin und Naturwissenschaft,
Jahrg. 1883. Sitzung vom 16. Februar. 19 Seiten.

1883. „Die Geometrie der Radiolarien.“ Sitzungs-
berichte der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und
Naturwissenschaften 1883, Seite 104.

1883. „Neue Gastraeaden der Tiefsee, mit Cement-
Skelett.“ — Sitzungsberichte der Jenaischen Ges. für
Medizin und Naturwissenschaft 1883, Seite 84.

1883. „Der Adams-Pik auf Ceylon.“ — Deutsche
Rundschau Bd. 37, Oktober 1883, S. 53.

1884. „Ursprung und Entwicklung der thierischen
Gewebe.“ Ein histogenetischer Beitrag zur Gastraea-
theorie. — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft
Bd. 18 (1884), S. 206—275. Auch bei Gustav Fischer
1884 zu haben.

1885. „System der Acantharien.“ — Sitzber. d. Jenai-
schen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft.
Jahrg. 1885. Sitzung vom 13. November 1885.
5 Seiten.

1886. „Ueber Tiefseeboden.“ Sitzungsbericht der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft 1886, S. 139.

1887. „Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—1876, First Part.“ — Porulosa (Spumellaria and Acantharia.) — Challenger Report Zoology Vol. 18, First Part. — Second Part. — Osculosa (Nassellaria and Phaeodaria.) — A. a. O. Vol. 18, Second Part. — Vol. 18 Plates. 888 Seiten und 62 Tafeln, 873 Seiten und 78 Tafeln. 4°.

1887. „Die Radiolarien (Rhizopoda radiaria).“ Eine Monographie. Zweiter Theil. Grundriß einer allgemeinen Naturgeschichte der Radiolarien. 248 Seiten. Mit 64 Tafeln. Berlin, Verlag von Georg Reimer.

1887. „Real-Gymnasien und Formal-Gymnasien.“ Unterhaltungsblatt der Täglichen Rundschau Nr. 152, 3. Juli 1887.

1888. „Report on the Siphonophorae collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—1876.“ — Challenger Report Zoology Vol. 28. 380 Seiten und 50 Tafeln. 4°.

1888. „System der Siphonophoren auf phylogenetischer Grundlage.“ — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 22 (1888), 46 Seiten.

1888. „Die Acantharien oder Actipyleen Radiolarien. Dritter Theil der Monographie der Radiolarien. 31 Seiten. Mit 12 Tafeln. Berlin, Georg Reimer.

1888. „Die Phaeodarien oder Cannopyleen Radiolarien.“ Vierter Theil der Monographie der Radiolarien. 31 Seiten. Mit 30 Tafeln. Berlin, Georg Reimer. — Dem Andenken an Anna Sethe gewidmet, der unvergeßlichen Frau, deren Einflüsse die Monographie der Radiolarien ihre Entstehung verdankt.

1889. „Report on the Deep-Sea Keratosa collected by H. M. S. Challenger during the years 1873—1876.“ — Challenger Report Zoology Vol. 32, Part. 82. 92 Seiten und 8 Tafeln. 4°.

1890. „Plankton-Studien.“ Vergleichende Untersuchungen über die Bedeutung und Zusammensetzung der Pelagischen Fauna und Flora. 105 Seiten. Jena, Verlag von Gustav Fischer, 1890.

1890. „Algerische Erinnerungen.“ — Deutsche Rundschau — Bd. 115, S. 19, 216.

1890. „Natürliche Schöpfungs-Geschichte.“ Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklungs-Lehre im Allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen. Achte umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit dem Porträt des Verfassers und mit 20 Tafeln, sowie zahlreichen Holzschnitten, Stammbäumen und systematischen Tabellen. Berlin, Georg Reimer, 1890. 10 Mark.

1891. „Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen.“ Erster Theil: Keimesgeschichte. Zweiter Theil: Stammesgeschichte. Mit 20 Tafeln, 440 Holzschnitten und 52 genetischen Tabellen. Vierte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1891. 16 Mark.

1892. „Die Weltanschauung des neuen Kurses.“ — Seite 305—313 der „Freien Bühne“, 3. Jahrgang. 3. Heft.

1892. „Die Weltanschauung der monistischen Wissenschaft.“ Anhang: Prinzipien des reinen Monismus. 15 Seiten. — Freie Bühne für den Entwicklungskampf der Zeit, Jahrg. 3. März 1892, Berlin.

1892. „Ethik und Weltanschauung.“ — Seite 309 bis 315: „Zukunft“ Nr. 7 vom 12. Nov. 1892. — Bei-

lage zu Nr. 273 der Jenaischen Zeitung vom 19. Nov. 1892.

1892. „Mammale novum incredibile detectum Anno Domini 1892. Die 29. Mens. Januarii Romani Luna intermenstrua: Zedlitztrütschleria papalis. E. Haeckel (nov. gen.) nov. spec. Ordinis novi: Hierotheria, E. H. Familiae novae: Coelocephola, E. H.“ — Sep. Abd. aus den Verhandlungen des „Naturwissenschaftlichen Vereins Studierender der Universität Jena“: II. Abteilung: *Gazetta cerevisia*. (12jähr. Stiftungsfest am 30. Januar 1892.) — H.s Handschrift, hektographiert. 4 Seiten.

1892. „Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft.“ Glaubensbekenntnis eines Naturforschers, vorgetragen am 9. Oktober 1892 in Altenburg beim 75jährigem Jubiläum der Naturforschenden Gesellschaft des Osterlandes. 46 Seiten. Bonn, Verlag von Emil Strauß, 1892.

1892. „Prinzipien des reinen Monismus.“ — Freie Bühne Jahrgang 3 (1892).

1892. „Plankton-Composition.“ Vorläufige Mittheilung. Vorgetragen in der Sitzung der Medizinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena am 25. Nov. 1892. Seite 559—566 der Jena. Ztschr. 1893, Bd. 27 (N. F. Bd. 20).

1893. „Zur Phylogenie der australischen Fauna.“ Systematische Einleitung zu Richard Semons Forschungsreisen in Australien und dem malayischen Archipel. 1. Chorologische Betrachtungen. 2. Das Problem der progressiven Vererbung. 3. Die connectanten Wirbeltiere Australiens. Jena 1893, Gustav Fischer. 24 Seiten.

1893. „Die Urbewohner von Ceylon.“ — Rundschau, Bd. 126 (1893), Heft 12, Seite 367—385.

1894. „Systematische Phylogenie.“ Entwurf eines natürlichen Systems der Organismen auf Grund ihrer Stammesgeschichte. Erster Theil: Systematische Phylogenie der Protisten und Pflanzen. 400 Seiten. Berlin, Verlag von Georg Reimer.

1894. „Dankschreiben nach dem 60. Geburtstage.“ Jena, 20. Februar 1894. 3 Seiten: Am 16. Februar d. J. war es mir vergönnt . . . verknüpft bleiben.

1895. „Die Wissenschaft und der Umsturz.“ — 10 Seiten. „Zukunft“ Nr. 18 vom 2. Februar 1895.

1895. „Thomas Huxley.“ — Die Zukunft Nr. 43 vom 27. Juli. 9 Seiten.

1895. „Systematische Phylogenie.“ Entwurf eines natürlichen Systems der Organismen auf Grund ihrer Stammesgeschichte. Dritter Theil: Systematische Phylogenie der Wirbeltiere (Vertebrata). 660 Seiten. Berlin, Georg Reimer.

1896. „Systematische Phylogenie.“ Zweiter Teil: Systematische Phylogenie der wirbellosen Thiere (Invertebrata). 720 Seiten. Berlin, Georg Reimer, 1896.

1896. „Das Challenger-Werk.“ — Deutsche Rundschau, 22. Jahrgang (Heft 5), Februar 1896, Seite 232—248.

1896. „Die cambrische Stammgruppe der Echinodermen.“ Vorläufige Mittheilung. Sitzung der Medizinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena am 13. December 1895. — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, 30. Bd., N. F., 23. Bd., 1896, 12 Seiten (393—404).

1896. „Die Amphorideen und Cystoideen.“ Beiträge zur Morphologie und Phylogenie der Echinodermen. — Festschrift für Carl Gegenbaur Bd. 1, 180 Seiten, 5 Tafeln und 25 Textfiguren. Leipzig 1896. Wilhelm Engelmann.

1897. „Fritz Müller-Desterro.“ — Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, Bd. 31, N. F. 24 (1897), Seite 156—173.

1897. „Marcello Malpighi.“ (Naturalista Filosofo. Marcello Malpighi e l'opera sua.) Milano Vallardi, Seite 277—280.

1898. „Aufsteigende und absteigende Zoologie.“ — Seite 469 bis 474 der Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft, 31. Bd., N. F. 24. Bd., 1898. (Gegen Dr. Albert Fleischmanns Lehrbuch der Zoologie. Wiesbaden, Kreidel, 1898.)

1898. Our Present Knowledge of the Descent of Man. Abstract. — Seite 76—77: Proceeding of the Fourth Internat. Congress of Zoology, Cambridge, 22—27 August, 1898. London 1899.

1898. „Ueber unsere gegenwärtige Kenntniß vom Ursprung des Menschen.“ Vortrag. Mit erläuternden Anmerkungen und Tabellen. 2. Aufl. 53 Seiten. Bonn, Verlag von Emil Strauß.

1899. „Die Welträtsel.“ Gemeinverständliche Studien über Monistische Philosophie. 473 Seiten. Bonn, Verlag von Emil Strauß.

1899. „Kunstformen der Natur.“ 100 Illustrationstafeln mit beschreibendem Text. Lieferung 1 bis 11. Leipzig (o. J.). Bibliographisches Institut.

1901. „Aus Insulinde.“ Malayische Reisebriefe. Mit 72 Abbildungen. 4 Karten im Text und 8 ganzseitigen Einschaltbildern. 260 Seiten. Bonn. Verlag von Emil Strauß. — Zuerst im 27. Jahrg. der „Deutschen Rundschau“ erschienen. Der Lebensgefährtin Agnes Haeckel, geb. Huschke, gewidmet.

1901. „Briefwechsel zwischen Ernst Haeckel und Friedrich von Hellwald.“ Mit Vorwort von Ernst Haeckel. 32. Seiten. Ulm, Heinrich Kerler, Verlags-Conto, 1901.

1903. „Die Welträtsel.“ Gemeinverständliche Studien über Monistische Philosophie. Volks-Ausgabe. 18. bis 27. Tausend. Mit einem Nachwort: Das Glaubensbekenntnis der Reinen Vernunft. 168 Seiten. Bonn, Verlag von Emil Strauß.

1904. „Die Lebenswunder.“ Gemeinverständliche Studien über Biologische Philosophie. Ergänzungsband zu dem Buche über die Welträtsel. Sechstes Tausend. 567 Seiten. Stuttgart, Alfred Kröner Verlag, 1904.

1904. „Ein Dankeswort vom 70. Geburtstag.“ — Jugend (1904) Nr. 10.

1904. „Der Monistenbund.“ Thesen zur Organisation des Monismus. — Das freie Wort Bd. 4 (1904), Seite 481—489. Auch separat. Frankfurt a. M., Neuer Frankfurter Verlag.

1905. „Der Kampf um den Entwicklungsgedanken.“ Drei Vorträge, gehalten am 14., 16. und 19. April 1905 im Saale der Singakademie zu Berlin. Mit 3 Tafeln und einem Porträt. Verlag von Georg Reimer. — 2 Mark. — I. Der Kampf um die Schöpfung. II. Der Kampf um den Stammbaum. III. Der Kampf um die Seele. Mit einem Nachwort: Entwicklungsgedanke und Jesuitismus.

1905. „Die Antinomien von Immanuel Kant.“ — Das freie Wort Bd. 4 (1905), S. 793.

1905. „Ueber die Biologie in Jena während des 19. Jahrhunderts.“ Vortrag, gehalten in der Sitzung der Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Gesellschaft am 17. Juni 1904 (Abdruck a. d. Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft Bd. 39, N. F. Bd. 32). — Jena, Gustav Fischer, 1905. 0,50 Mark.

1905. „Ernst Haeckels Wanderbilder.“ Nach eigenen Aquarellen und Oelgemälden. Serie 1, 2, 3: Die Naturwunder der Tropenwelt, Ceylon und Insulinde. Gera, Untermaus o. J., F. E. W. Koehler. 40 Blatt.

1906. „Monismus und Naturgesetz.“ — 40 Seiten. Heft 1 der Flugschriften des Deutschen Monistenbundes (Herausgeber: Dr. Heinrich Schmidt [Jena]). Kommissionsverlag von Dr. M. Breitenbach, Brackwede i. W.

1906. „Das Präsidium des Deutschen Monistenbundes.“ — Blätter des Deutschen Monistenbundes Nr. 1 (Juli 1906), Seite 1—4.

1906. „Prinzipien der generellen Morphologie der Organismen.“ Wörtlicher Abdruck eines Teiles der 1866 erschienenen Generellen Morphologie. Berlin 1908, G. Reimer. XVI und 447 Seiten. 1 Porträt.

1907. „Das Menschenproblem und die Herrentiere von Linné.“ Mit 3 Tafeln und dem Bilde des Verfassers in Lichtdruck. 7. und 8. Tausend. Vortrag 17. Juni 1907. Neuer Frankfurter Verlag G. m. b. H., Frankfurt a. M., 64 Seiten.

1907. „Dankschreiben.“ Jena, 12. März 1907. Aus Anlaß meines goldenen Doktor-Jubiläums . . . in Jena dienen.

1907. „Monismus und Papismus.“ — Blätter des Deutschen Monistenbundes Nr. 7, Januar 1907.

1907. „Das Phyletische Museum in Jena.“ Mit einer Ansicht. — Kosmos. Handweiser für Naturfreunde, Stuttgart, Bd. 4 (Heft 12), 1907, 4 Seiten.

1907. „Mitteilungen, betreffend das Phyletische Museum in Jena.“ — Blätter des Deutschen Monistenbundes Nr. 16 (Oktober 1907), Seite 231—234.

1908. „Unsere Ahnenreihe (Progonotaxis hominis). Kritische Studien über Phyletische Anthropologie.“ Festschrift zur 350-jährigen Jubelfeier der Thüringer Universität Jena und der damit verbundenen Uebergabe des Phyletischen Museums am 30. Juli 1908. Mit 6 Tafeln. Jena, Gustav Fischer. Preis 7 Mark. 57 Seiten und 1 Widmungsblatt.

1908. „Alte und neue Naturgeschichte.“ Festrede zur Uebergabe des Phyletischen Museums an die Universität Jena bei Gelegenheit ihres 350-jährigen Jubiläums am 30. Juli 1908. Jena 1908, Gustav Fischer. 32 Seiten.

1907. „Mitteilung über das Phyletische Museum in Jena.“ Jena, am 2. Dezember 1907. (Gedrucktes Rundschreiben.) 2 Seiten.

1908. „Entwicklungsgeschichte des Menschen.“ In „Weltgeschichte“, herausgegeben von J. v. Pflugk-Hartung, Bd. 1 (1908), Seite 22—37. Berlin, Deutsches Verlagshaus Bong & Co.

1909. „Das Weltbild von Darwin und Lamarck.“ Festrede zur 100-jährigen Geburtstags-Feier von Charles Darwin am 12. Februar 1909 gehalten im Volkshause zu Jena. Leipzig 1909, Alfred Kröner Verlag.

1909. „Dank und Abschied.“ Jena, 21. Februar 1909. Aus Anlaß meines 75sten Geburtstages . . . monistische Religion bleibt.

1909. „Charles Darwin als Anthropologe.“ — „Neue Weltanschauung“ 1909 (Heft 10), Seite 366—377. Englisch: Darwin and modern Science. Essays in Commemoration of the Centenary of the Birth of Charles Darwin. Cambridge, University Press, 1909.

1910. „Die Grenzen der Naturwissenschaft.“ Deutsche Medizinische Wochenschrift Nr. 40 (1910).

1910. „Mein Kirchenaustritt.“ Zuschrift an das „Freie Wort“. 4 Seiten. — Das freie Wort 10. Jahrgang Nr. 18. (Zweites Dezemberheft.)

1910. „Psyche.“ — Der Zeitgeist Nr. 41, 1910.

1910. „Sandalion.“ Eine offene Antwort auf die Fälschungs-Anklagen der Jesuiten. 1.—5. Tausend. 55 Seiten. — Neuer Frankfurter Verlag G. m. b. H., Frankfurt a. M.

Hierzu ist zu vergleichen: Dr. Heinrich Schmidt (Jena): „Haeckels Embryonenbilder.“ Dokumente zum Kampf um die Weltanschauung in der Gegenwart. Mit zahlreichen Abbildungen. Derselbe Verlag. Preis 1 Mark.

1911. „Kernfragen der Philosophie.“ — Das freie Wort 10. Jahrgg., Nr. 24 (Zweites Märzheft 1911).

1911. „Das Phyletische Archiv in Jena.“ — Das freie Wort 11. Jahrgang, Nr. 1 (Erstes Aprilheft 1911).

1911. „Adolf Giltsh. Ein Nachruf.“ — Jenaische Zeitung Nr. 149.

1911. „Die Fundamente des Monismus.“ Beitrag zum Ersten Monisten-Congreß in Hamburg, September 1911. — Der Monismus Nr. 64, Oktober 1911, Seite 440.

1912. „Kunstwerke der Zelle.“ In „Die Wunder der Natur“ Bd. 1, S. 62—72. Berlin, Deutsches Verlagshaus Bong & Co.

1912. „Der Pappenstiel des Monismus.“ — Der Zeitgeist Nr. 25 (17. Juni), 1912.

1912. „Energetik und Substanzgesetz.“ Beitrag zur sechsten Hauptversammlung des Deutschen Monistenbundes in Magdeburg, September 1912. — Monistisches Jahrhundert Nr. 12, Seite 406.

1912. „Zur Geschichte der Entwicklungslehre.“ Das freie Wort 12. Jahrgang, Nr. 18 (2. Dezemberheft 1912).

1913. „Gonochorismus und Hermaphroditismus.“ Ein Beitrag zur Lehre von den Geschlechtsumwandlungen (Metaptosen).

1913. „Ein Jubiläum der Menschenkunde.“ — Rheinisch-Westfälische Zeitung (u. a.), Nr. 712 (17. Juni), 1913.

1913. „Ostwald als monistischer Naturforscher.“ Festschrift zum 60. Geburtstag Wilhelm Ostwalds. herausgegeben vom Monistenbund in Oesterreich, Wien, 1913, Anzengruber Verlag: Brüder Suschitzky, Seite 25—29.

1913. „Die Grenzen der Naturforschung.“ Festnummer der Wiener „Neuen Freien Presse“ zur Naturforscher-Versammlung, September 1913.

1913. „Die Natur als Künstlerin.“ Band 6 der „Leuchtenden Stunden“, herausgegeben von Franz Goerke, Berlin-Charlottenburg. Vita; Deutsches Verlagshaus.

1914. „Dankschreiben nach dem 80. Geburtstage.“ Jena, 22. Februar 1914: Am 16. Februar d. J. beschloß ich . . . dargebracht.

1914. „Monistische Bausteine.“ Von Ernst Haeckel. Mit einer Einleitung, herausgegeben von Wilhelm Breitenbach. Erstes Heft. Zweites Heft. Brackwede i. W. Verlag von Dr. W. Breitenbach.

1914. „Gottnatur (Theophysis).“ Studien über Monistische Religion. Leipzig 1914, Alfred Kröner Verlag.

1914. „Englands Blutschuld am Weltkriege.“ Jena, 12. August 1914. — Jenaer Volksblatt, 25. Jahrg., Nr. 189, Freitag, 14. August 1914.

1915. „Ewigkeit. Weltkriegsgedanken über Leben und Tod, Religion und Entwicklungslehre.“ Berlin, Georg Reimer. 1915. 128 Seiten.

1916. „Ueber den Ursprung des Menschen.“ Vortrag, gehalten auf dem Vierten Internationalen Zoologischen Congress zu Cambridge am 20. August 1898. Zwölfte Auflage. (12.—14. Tausend.) Mit einem Nachwort über Phyletische Anthropologie. Alfred Kröner Verlag in Leipzig.

1916. „Arnold Lang.“ Mit 3 Bildern. Seite 1 bis 21 des Werkes „Aus dem Leben und Wirken von Arnold Lang. Dem Andenken des Freundes und Lehrers gewidmet.“ Jena, Gustav Fischer, 1916.

1916. „Fünfzig Jahre Stammesgeschichte.“ Historisch kritische Studien über die Resultate der Phylogenie. 70 S. gr. 8°. 1916. 2,00 M. Jena, Gustav Fischer.

1917. „Kristallseelen.“ Studien über das Anorganische Leben. Alfred Kröner Verlag in Leipzig. 152 Seiten.

1918. „Abschiedsworte.“ — Mitteilungen des Deutschen Monistenbundes. (Siehe „Tagespost“, Graz, 11. April 1918, Nr. 95, 63. Jahrg., Seite 5.)

Ernst Haeckels Person und Werk im Urteil der Zeitgenossen.

Zusammengestellt von Thilo Krumbach, Rorigno.

Vorbemerkung der Schriftleitung.

Die nachfolgenden Urteile und Notizen haben wir einer uns freundlichst zur Verfügung gestellten umfangreicheren Sammlung entnommen und hoffen damit das in den vorausgehenden Aufsätzen entworfene Bild des Mannes und seiner Zeit zu verdeutlichen und zu vervollständigen.

„Ich mache mir aus einem Philosophen gerade so viel, als er imstande ist, ein Beispiel zu geben; aber das Beispiel muß durch das sichtbare Leben, nicht bloß durch Bücher gegeben werden.“

Nietzsche (Schopenhauer als Erzieher S. 19).

1. Schon K. E. v. Baer (1828) verschloß sich nicht der Möglichkeit, daß im Beginne der Entwicklung alle Thiere im wesentlichen gleich und vielleicht aus einer gemeinsamen Urform abzu-

leiten sind . . . „Beim ersten Auftreten sind vielleicht alle Thiere gleich und nur hohle Kugeln.“ In der That ist, wie wir sehen werden, die einschichtige Keimblase der primäre Formzustand, aus dem die verbreitete zweischichtige Larve ihren Ursprung nimmt (S. 4).

. . . nicht erst die Gastraeatheorie nötig war, um die sog. Typentheorie, welche nach Haeckel „noch heute allgemein als die tiefste Basis des zoologischen Systems gilt“, in ihrer heutigen Bedeutung zu erschüttern (S. 7).

Den Namen Gastrula nehmen wir unbedenklich an, nicht aber den Gastraeabegriff (S. 9).

Dieser so überaus häufigen und oft schon als flimmernde Larve ins freie Leben tretenden einschichtigen Keimblase hat E. Haeckel keine besondere Aufmerksamkeit zugewendet, offenbar

weil ihm dieselbe höchst unbequem ist und aus Liebe zur Theorie möglichst ignoriert werden muß (S. 11).

Die Bildung der Gastrula von der einschichtigen Keimblase aus erfolgt aber auf dreifachem Wege . . . (S. 11).

1874. Dr. C. Claus „Die Typenlehre und E. Haeckels sog. Gastraea-Theorie. Wien 1874. Verlag der G. J. Manzschens Buchhandlung. 30 Seiten.

2. Wollen wir daher mild von Haeckels „natürlicher Schöpfungsgeschichte“ urtheilen, so dürfen wir jedenfalls ein Wort, welches Lichtenberg über die Kosmogonien seiner Zeit sprach, darauf anwenden, nämlich, daß sie mehr zur Geschichte des menschlichen Geistes als zur Geschichte der Natur gehöre.

1875. Johannes Huber „Zur Kritik moderner Schöpfungslehren, mit besonderer Rücksicht auf Haeckels „Natürliche Schöpfungsgeschichte“. 60 Seiten, München, Theodor Ackermann.

3. Aber es gibt für eine Wissenschaft keine größere Gefahr, als die in ihrer dogmatischen Glaubensseligkeit liegt. Und doch ist diese modernste Zoologie momentan scheinbar die einzig wahre, wenigstens die mächtigste. Eine dogmatische, phantastische Zoologie! (S. 33) . . .

His hat sich in seiner trefflichen Arbeit „Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung, Leipzig 1875, pag. 168 bis 171, die Mühe gegeben, aus der Schöpfungsgeschichte Haeckels die von diesem Autor geübten Fälschungen nachzuweisen. „Es hat uns Haeckel je drei Clichés desselben Holzstockes unter drei verschiedenen Titeln aufgetischt.“ (His l. c. pag. 169.) Auf S. 170 sagt His über die Anthropogenie: „Ich stehe nicht an, zu behaupten, daß die Zeichnungen, soweit es sich um Haeckelsche Originalien handelt, theils höchst ungetreu, theils geradezu erfunden sind.“ Ich meinerseits könnte zu den von His gegebenen Beispielen noch eine ganze Reihe anderer liefern. . . His sagt (l. c. p. 171) . . . „Ich selbst bin im Glauben aufgewachsen, daß unter allen Qualificationen eines Naturforschers Zuverlässigkeit und unbedingte Achtung vor der thatsächlichen Wahrheit die einzige ist, welche nicht entbehrt werden kann. Auch heute noch bin ich der Ansicht, daß mit Wegfall dieser einen Qualification alle übrigen, und sollten sie noch so glänzend sein, erbleichen.“ . . . Ich meinerseits unterschreibe diese Worte aus vollster Ueberzeugung. (S. 36.)

1876. — Carl Semper „Der Haeckelismus in der Zoologie. Ein Vortrag. Hamburg, W. Maukes Söhne. 36 Seiten.

4. Aber sind Sie denn wirklich derselbe Haeckel, der in der Universität Okenschen Angedenkens lebt, dort jeden Naturforscher mit olympischem Donner niederschlägt, der nicht seiner Ansicht ist? Derselbe Haeckel, welcher jeden Hinweis auf das Hypothetische und Irrthümliche in seinen wissenschaftlichen Phantasien ignoriert.

diese aber doch immer wieder dem gebildeten Publicum als Wahrheit — merken Sie wohl auf — als naturwissenschaftlich festgestellte Wahrheit anpreist? Nein, Sie können nicht derselbe sein. Legen Sie doch nur einmal die Bibel — natürlich das alte Testament, denn das neue der christlichen Liebe ist Ihnen wahrlich nicht auf den Leib geschrieben — Okens Naturphilosophie und die Schöpfungsgeschichte dieses andern Haeckel nebeneinander. Welche Aehnlichkeit der Wendungen, welche gleichartige Unfehlbarkeit in diesen, welche Identität in naiven Zumuthungen an den Schwärmerglauben der ergebenen Herde! (S. 7.)

Noch Eins. Ich kann mich nicht von dem Gedanken trennen, daß sich in Ihnen zwei verschiedenartige Naturen vereint finden. Nun will ich einmal annehmen, Sie wären noch ganz der alte Ernst Haeckel der Radiolarien, der Siphonophorenentwicklung etc., der es ernst mit seiner Wissenschaft nahm; aber „Generelle Morphologie“ und „Anthropogenie“ und „Schöpfungsgeschichte“ gehörten dem anderen Haeckel an, mit dem ich es zu thun habe. (S. 10.)

1877. — Carl Semper, Offener Brief an Herrn Prof. Haeckel in Jena. 36 Seiten. Hamburg, W. Mauke Söhne.

5. Karl Ernst v. Baer († 28. Nov. 1876). — Im September 1876 ließ Baer sich Haeckels „natürliche Schöpfungsgeschichte“ vorlesen, und zwar die fünfte Auflage, die ihm noch unbekannt war. Zu Haeckel hatte Baer seit der ersten Auflage des Werkes bekanntlich eine entschieden feindliche Stellung genommen. Er ging jedoch mit dem Gedanken um, dem Docenten Dr. G. Seidlitz auf seine Schrift „Baer und die Darwinsche Theorie“ zu antworten und begann sich also zu rüsten.

Mit einem gewissen Vorurtheil machte er sich an die „Schöpfungsgeschichte“. Aber er gewann mit jeder Vorlesung dem Buche mehr Interesse ab und wo Haeckel seine Ansicht über seine Religion und Religiosität darlegt, äußerte Baer: „Ich habe dem Haeckel da doch Unrecht getan; das ist ja gar nicht so übel!“ So gefiel ihm auch durchaus dessen Scheidung des naturwissenschaftlichen Materialismus, den er auch für die Forschung als einzig möglich hielt, vom sittlichen oder ethischen. Mehr als einmal rief er beim Vorlesen dieses Kapitels, daß ja das gerade auch seine Meinung sei; besonders wo Haeckel über die beiden Faktoren Vererbung und Anpassung spricht. . . In der Fähigkeit der Vererbung und der Fähigkeit der Anpassung namentlich fand er seine Zielstrebigkeit wieder, von der er behauptet hatte, daß sie „tief in der Darwinschen Lehre stecke“.

1877. — L. Grave, der Vorleser und Secretär Baers im „Dorpater Stadtblatte“ Nr. 82 und 83 1877. Siehe auch Kosmos 1. Jahrg., 2. Bd., 1878, S. 73 u. 74.

6. Es ist leicht gesagt: „eine Zelle besteht aus kleinen Theilchen, und diese nennen wir Plastidule; Plastidule aber bestehen aus Kohlenstoff.“ Aber ich muß doch sagen, ehe man mir nicht die Eigenschaften von Kohlen-, Wasser-, Sauer- und Stickstoff so definieren kann, daß ich begreife, wie aus ihrer Summierung eine Seele wird, ehe kann ich nicht zugestehen, daß wir etwa berechtigt wären, die Plastidul-Seele in den Unterricht einzuführen. . . . *Wir müssen daher den Schul-lehrern sagen, lehrt das nicht.* . . .

Wir haben in dieser Umgrenzung unseres Wissens uns vor allen Dingen zu erinnern, daß das, was man gewöhnlich die Naturwissenschaften nennt, wie alles übrige Wissen auf der Welt, aus drei ganz verschiedenen Stücken sich zusammensetzt. Gewöhnlich unterscheidet man bloß das *objective* und das *subjective* Mittel, indeß wir haben noch ein gewisses Mittelstück, nemlich das des *Glaubens*, der ja auch in der Wissenschaft existiert.

1877. — *Rudolf Virchow* „Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat“. Rede, gehalten in der dritten allgemeinen Sitzung der fünfzigsten Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte zu München am 22. September 1877. Zweite Auflage. 32 Seiten. Berlin 1877. Verlag von Wiegandt, Hempel und Parey. — Siehe auch Beilage IV d. Tagblatt München 1877.

7. Am 3. Mai 1886, an welchem Tage Herr Prof. *Ernst Haeckel* sein 25-jähriges Docenten-Jubiläum feierte, wurde er durch eine Festgabe überrascht, wie sie ehrenvoller, würdiger und zugleich dem Sinne des zu Ehrenden entsprechender kaum hätte ausgedacht werden können.

Herr *Paul von Ritter* in Basel, ein Bürger der alten Hansestadt Lübeck, — „von der Absicht geleitet, die Forschung auf dem Gebiete der heutigen Entwicklungslehre zu fördern, welche durch *Charles Darwin* begründet und in Deutschland vor allem durch Prof. *Ernst Haeckel* in Jena ausgebildet worden ist“ — vermachte an diesem Tage der Universität Jena ein Legat von dreihunderttausend Mark „zur Förderung des Studiums der phylogenetischen Zoologie“.

1886. — *Kosmos* (Jahrgang 1886, 2ter Band, Seite 38).

8. *Aufruf*. — Am 16. Februar 1894 vollendet *Ernst Haeckel* das sechzigste Lebensjahr. Freunde, Fachgenossen und Schüler haben sich vereinigt, um seine Marmorbüste an diesem Tage im Zoologischen Institut zu Jena, der Stätte seiner Wirksamkeit, aufzustellen.

1893 im November. *Ernst Abbe* (Jena) und 135 andere Namen aus allen fünf Weltteilen.

9. Von größtem Einfluß auf die zoologische Gesamtwissenschaft und Forschung waren sodann die Theorien *Haeckels*, durch welche jene Entdeckungen (die *Kowalewskys*) im Sinne der Descendenzlehre verwerthet wurden. In seiner *Gasträatheorie* ward in großen und klaren Zügen

ein kühner wissenschaftlicher Aufbau entworfen. Durch seine weittragenden Ideen wurden damals besonders die jüngeren Zoologen mitgerissen; vielleicht hat hierbei auch der polemisch gewürzte Ton mitgewirkt; durch diesen mag die Sache momentan gefördert worden sein, derselbe hat aber auch manche Gegenwirkung zur Folge gehabt — und was noch schlimmer ist, wir haben die üblen Nachahmungen dieses Tones noch heute in der zoologischen Litteratur genugsam zu spüren.

Die Gasträatheorie *Haeckels* stand damals im Mittelpunkt des zoologischen Interesses. Durch die Gegenschrift von *Claus*, die manche vortreffliche Bemerkung enthielt, wurde dasselbe nur noch erhöht. . . . Die Keimblättertheorie ist seither nicht in den Hintergrund getreten. . . ., hat immer mehr an Inhalt, Umfang und Bedeutung gewonnen; sie steht zu den mannigfachsten und wichtigsten zoologischen Fragen in innigster Wechselbeziehung.

1893. — *B. Hatschek* „Über den gegenwärtigen Stand der Keimblättertheorie“. Verhndl. d. Deutschen Zool. Gesellschaft. Leipzig, Engelmann, 1894 (S. 12).

10. Als erste und dringendste Aufgabe erschien die Umwandlung der auf *Linnes* und *Cuviers* Bahnen einerschreitenden Systematik in eine Stammesgeschichte der Lebewesen. Ihr suchte der Feuergeist *E. Haeckels* gerecht zu werden, indem er in seinem genial angelegten System der organischen Naturwissenschaften — der „Generellen Morphologie der Organismen“ — die ersten Stammbäume entwarf. So kühn dieselben auch für den damaligen Zustand der Zoologie sein mochten, es gebührt ihnen doch das unvergängliche Verdienst, die erste Anregung gegeben zu haben zu jener großartigen Entwicklung der thierischen Morphologie in den letzten Decennien. Die moderne vergleichende Anatomie datiert erst von dieser Zeit her, in welcher — wie einstens Schillern Goethe — so *Häckeln C. Gegenbaur* zur Seite stand. Sie ist seitdem so sehr der Hauptinhalt der wissenschaftlichen Zoologie geworden, daß unsere heutigen Lehrbücher sich nur zu ausschließlich als vergleichende Morphologien geben.

1896. — *Ludwig v. Graff* „Die Zoologie seit Darwin“. Rede. Graz, Leuschner & Lubensky. 1896.

11. [Widmung] . . . Mein besonderer Grund zu dieser Bitte liegt in Ihren Verdiensten um die systematische Neugestaltung der Biologie, wie Sie sie in der „Generellen Morphologie“ und später in der „Systematischen Phylogenie“ mit weitem Blick auf das Gesamte unserer Wissenschaften und mit sicherer Hand im Einzelnen durchgeführt haben. Niemand kann diese Ihre Werke anders als mit dem Gedanken aus der Hand legen, daß sie denen der hervorragendsten biologischen Systematiker ebenbürtig den großartigsten Versuch der Gegenwart darstellen, die

Erscheinungen des organischen Lebens von einem Gesichtspunkte aus zu durchdringen und ihr Wesen mit den Mitteln des menschlichen Geistes künstlerisch nachzuschaffen. An diesem Punkte berührt sich aber Ihr wissenschaftliches Werk nicht nur mit dem der größten Biologen, sondern es legt auch neben dem von *Winckelmann* und *Goethe* aufs Neue Zeugnis ab für den *εὐρὸς γένους* deutschen und hellenischen Geistes.

1904. *Rudolf Burckhardt*, Die Biologie der Griechen. Frankfurt a. M.

12. *Glückwunschadresse*. — Ein jugendlicher Jubilar, durch beispiellose Arbeit nicht gebeugt, vollenden Sie heute das siebzigste Jahr Ihres an Erfolgen überreichen Lebens. — An diesem Tage, der in allen Teilen der Erde von Ihren zahllosen Verehrern, Freunden und Schülern gefeiert wird, kann die Deutsche Zoologische Gesellschaft nicht fehlen, und so nahen sich Ihnen deren Vertreter mit den herzlichsten Glückwünschen und dem Ausdrucke des tiefsten Dankes für alles, was Sie in begeisterter Forschungstätigkeit für die glänzende Neugestaltung unsrer Wissenschaft während der letzten fünfzig Jahre geleistet haben. — Neben den umfassenden, mit kunstgeübter Hand illustrierten Monographien über die Radiolarien, Kalkschwämme, Siphonophoren und Medusen, die allein genügen würden, die Arbeit eines Menschenlebens als sehr erfolgreich erscheinen zu lassen, haben Sie in Ihrer klassischen „Generellen Morphologie“ lichtvoll die allgemeinen Probleme der Tierkunde entwickelt und festgelegt und dem System der Lebewesen einen geistigen Inhalt gegeben, indem Sie es in folgerichtigem Ausbau der Lehre *Darwins* auf die Stammesgeschichte gründeten. — Welch reiche Frucht Ihren genialen Konzeptionen entsproßte (es sei hier nur die auf der Lehre von der Homologie der Keimblätter aufgebaute Gastraea-theorie erwähnt), das ist auf jedem Blatte der Geschichte jener Periode unsrer Wissenschaft verzeichnet, welche von *Charles Darwin* und von Ihnen ihren Stempel empfangen hat.

Indem Sie endlich aus Ihrer wissenschaftlichen Arbeit eine groß angelegte einheitliche Weltanschauung ableiteten, sind Sie ein Lehrer und durch mutiges Bekennen sowie unermüdliches Verbreiten Ihrer Überzeugung ein Vorbild geworden nicht bloß dem deutschen Volke, sondern der ganzen freiheitlich denkenden Welt . . .

In Verehrung und Dankbarkeit

Der Vorstand der Deutschen Zoologischen Gesellschaft.

J. W. Spengel. C. Chun. L. v. Graff. R. Hertwig. E. Korschelt.

1904. — Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft. Leipzig, Engelmann, 1904 (S. 13—14).

13. So große Verdienste sich *Ernst Haeckel* um die Klarstellung dieser Frage erworben hat, der Name: „*Biogenetisches Grundgesetz*“ und dessen

gewöhnliche Formulierung: „Die Ontogenese ist eine abgekürzte Rekapitulation der Phylogenese“ können leicht zur Opposition reizen. Es wäre sehr wohl ein Organismus denkbar, in dessen Embryonalentwicklung keine Spur mehr von dem Stammesgeschichtlichen Weg der Vorfahrenreihe erkennbar ist. Denn die embryonalen Konstruktionsprinzipien haben, wie ja *Haeckel* selbst in dem Begriff der *Caenogenese* statuiert hat, ihre eigene Stammesgeschichte und können mit dem Historischen gründlich aufräumen. Also nicht zu fordern haben wir phylogenetische Reminiszenzen in der Ontogenie, wie ein Gesetz es zu verlangen scheint; aber sie sind in zahllosen Fällen wirklich da, und das kann uns genügen. (Seite 54.)

1906. — Dr. *Theodor Boveri* „Die Organismen als historische Wesen“, Festrede zur Feier des 324jährigen Bestehens der Universität zu Würzburg, gehalten am 11. Mai 1906. 59 Seiten.

14. *Aufruf*. — . . . Diese Weltanschauung der Zukunft kann nur eine monistische sein, eine solche, die einzig und allein die Herrschaft der reinen Vernunft anerkennt, dagegen den Glauben an die veralteten, traditionellen Dogmen und Offenbarungen verwirft. In den weitesten Kreisen ist schon heute diese unerschütterliche monistische Überzeugung verbreitet. Schon gibt es hier und da Vereinigungen von Freidenkern, freie Gemeinden, ethische Gesellschaften, freireligiöse Gemeinden, monistische Gesellschaften. . . . Allein alle diese einzelnen Kräfte und Gruppen sind zerstreut und üben daher nur eine verhältnismäßig geringe Wirkung aus. Es fehlt eine Organisation des Monismus. . . . Die Unterzeichneten haben daher . . . am 11. Januar 1906 in Jena einen Deutschen Monistenbund unter dem Ehrenvorsitz des Herrn Professor Dr. *Ernst Haeckel* gegründet. Der „Deutsche Monistenbund“ wird seine Ziele zunächst zu erreichen suchen durch Stellungnahme zu den Kulturfragen des öffentlichen Lebens, durch Herausgabe und Verbreitung monistischer Flugschriften und Bücher, durch Veranstaltung und Unterstützung von Vorträgen.

1906. — Flugblatt: „Deutscher Monistenbund.“

15. Was vor allem bisher fehlt, ist eine Beurteilung des Darwinismus auf umfangreicher philosophiehistorischer Basis, und bis diese gegeben ist, kann auch der Wert der ganzen Erscheinung als eines zoologiehistorischen Ereignisses nicht präzisiert werden. Wir beschränken uns daher darauf, hier nur noch diejenige Persönlichkeit zu besprechen, die als Prototyp des deutschen Darwinismus unter allen Umständen die größte Bedeutung behalten wird, die auch den Darwinismus für die Zoologie am meisten fruchtbar gemacht hat, *Ernst Haeckel*. — Die Stellung *Haeckels* in der Geschichte der Zoologie ist vor allem darin begründet, daß er die Lehre *Darwins* und zugleich den Hauptinhalt der Deutschen

Zootomie und Entwicklungsgeschichte, wie sie um die Mitte des 19. Jahrhunderts vorlag, als Grundlagen zu einer Umgestaltung der theoretischen Biologie benützte, wie sie in solchem Umfang in der Neuzeit niemals war unternommen worden. Aus dem Darwinismus schaltete er die Zuchtwahllehre, der er auch ein Spezialstudium zuwandte, insofern aus, als er sie mit den übrigen als umbildend anzunehmenden Prinzipien unter dem Begriff der Anpassung subsumierte. Dabei kam von seiner Seite die erste begeisterte Zustimmung zur Umwandlungslehre, deren systematisch über die ganze Lebewelt sich erstreckende Durcharbeitung sein Verdienst ist. *Haeckel* blieb nicht mehr dabei stehen, die Klassifikation der gesamten Organismen genealogisch zu behandeln, mit kühner Hand Stammbäume zu entwerfen, die als provisorische Leitlinien die größten Dienste getan haben: Gedanken der deutschen Naturphilosophie auf neuer empirischer Basis entwickelnd, fing er an, auch die Organe, Gewebe, Zellen in genetischen Zusammenhang einzuordnen, die genetische Betrachtung auch auf die Funktionen auszudehnen, die biologischen Disziplinen in ihren gegenseitigen Beziehungen zu untersuchen, ganze Gebiete der Wissenschaft erst mit wohlgewählten Bezeichnungen auszurüsten. Rücksichtslos in der Konsequenz des Entwicklungsgedankens, reihte er den Menschen mit vollem Bewußtsein dem Natursystem ein. Er erweckte den Erfahrungsgrundsatz des Parallelismus der ontogenetischen und phylogenetischen (stammesgeschichtlichen) Entwicklung zu erneuter Bedeutung, wozu ihm zahlreiche Vorarbeiten auch anderer Forscher (*Fr. Müller, Kowalewski*) überzeugendes Material an die Hand gaben. Die Einheit der geweblichen Entwicklung der höheren Tiere suchte er in der Gastraeathorie und der Coelomtheorie zum Ausdruck zu bringen. Einer Menge von tierischen Formen wies er auf Grund der genetischen Betrachtungsweise zuerst ihre richtige Stellung im System an. Diese unbestreitbaren Verdienste *Haeckels*, denen sich eine vielfach kleinliche und schwächliche Opposition entgegenwarf, können auch diejenigen nicht anfechten, die seinem Ringen nach Weltanschauung im Sinne der Entwicklungslehre passiv oder negativ gegenüberstehen. Die Kunst des Wortes, der Schrift und des Stils, seine glänzende Persönlichkeit hat nicht nur in Deutschland, sondern in der gesamten Welt der deutschen Zoologie eine Anerkennung erzwungen, die von keinem andern Forscher in ähnlichem Maße ausging und die höchstens der Wirkung *Cuviers* zu vergleichen ist.

1907. — *Rud. Burckhardt*, Geschichte der Zoologie. Slg. Götschen.

16. An die Freunde, Schüler und Verehrer von *Ernst Haeckel* richten die unterzeichneten älteren Schüler dieses Rundschreiben in der Annahme, daß der große Kreis derer, die sich *Ernst Haeckel* verbunden fühlen, den Tag des goldenen Doktor-

jubiläums, den der gefeierte Forscher am 7. März 1907 begeht, nicht unbeachtet vorübergehen lassen will. . . Einige ältere . . . Schüler regten schon vor 13 Jahren den Plan an, diesen Ueber schuß zur Grundlage einer besonderen „*Ernst Haeckel Stiftung*“ zu verwenden und durch fort gesetzte Sammlung . . . das betreffende Kapital so zu vergrößern, daß es zur Ausführung eines eigenartigen Lieblingswunsches ihres Lehrers verwendet werden könnte. Dieser Wunsch betraf die Gründung eines *Phylogenetischen Museums*, einer Sammlung von Naturgegenständen, Präparaten, Bildern und anderen Unterrichtsmitteln, welche dem größeren Publikum die Bedeutung und das Wesen der Phylogenie oder Stammes geschichte erläutern sollte. . . .

1907. — Jena, den 16. Februar 1907: *Hermann Braus* und 28 andere Namen.

17. Die unterzeichneten Professoren der Anatomie und Zoologie, Direktoren . . . erklären hiermit, daß sie zwar die von *Haeckel* in einigen Fällen geübte Art des Schematisierens nicht gutheißen, daß sie aber im Interesse der Wissenschaft und der Freiheit der Lehre den von *Braß* und dem Keplerbund gegen *Haeckel* geführten Kampf aufs schärfste verurteilen. Sie erklären ferner, daß der Entwicklungsgedanke, wie er in der Deszendenztheorie zum Ausdruck kommt, durch einige unzutreffend wiedergegebene Embryonenbilder keinen Abbruch erleiden kann.

1909 Mitte Februar. — *Barfurth Bonnet Boveri Chun Eckstein Ehlers Escherich Flechsig Fürbringer Gerlach Goette v. Graff Grobben Hasse Hatschek Heider Hertwig Hochstetter Holl Kallius Klunzinger v. Koch Kollmann Korschelt Kraepelin Kükenhal Lang Merkel Mollier Pfeffer Plate Rabe Reichenbach Rumbler Römer Rückert Ruge Schauinsland Schwalbe Schultze Stöhr Toldt Waldeyer Weismann Wiedersheim Zuckerkandl.*

18. Ich halte es für verdienstlich, das Verderbliche des Einflusses, den *Häckel* auf Lehrer der Morphologie gehabt hat, klar hervorzuheben. Diese Herren haben sich an die Allgemeinheit gewendet, es erscheint daher Pflicht, die Unmöglichkeit ihrer Stellungnahme zu zeigen. . . . „Durch Ihre Unterschrift akzeptieren Sie, Herr Kollege, wenigstens dem äußeren Sachverhalt nach, die Sünderbank *Häckels* für sich und für uns alle, die wir morphologische Arbeiten publiziert haben. Mit welchem Recht? Ich behaupte, daß Sie in allen Ihren Werken nichts finden können, was uns Mitarbeitern, die wir doch ex officio gegen Irrungen jeglicher Art gewappnet sein müssen, auch nur annähernd solche Täuschungen und üble Phantasien bietet, wie die sind, die *Häckel* in großer Zahl seinem wehrlosen Laienpublikum bereitet hat. Falls meine Behauptung richtig ist, steht Ihr Name zu Unrecht unter jener Erklärung, und daher habe ich das Recht, Sie, lieber und hochgeehrter Herr Kollege, zu bitten, und zu

ersuchen, das Ihre zu einer entsprechenden und unverschleierten Richtigstellung tun zu wollen.“

1909. — Dr. med. et phil. h. c. *Viktor Hensen*, Prof. d. Physiologie in Kiel. Offner Brief, durch den Keplerbund verbreitet.

19. *Diplom*. In aufrichtiger Verehrung und Dankbarkeit für die Ergebnisse einer großzügigen und fruchtbringenden Forschertätigkeit, welche in erster Linie der Ermittlung stammesgeschichtlicher Beziehungen der Lebewesen gewidmet war und dieselbe durch zahlreiche umfassende und bewundernswerte Einzeldarstellungen stützte, ernannt die Deutsche Zoologische Gesellschaft durch

diese Urkunde am Tage seines achtzigsten Geburtstages Se. Exzellenz Herrn Wirklichen Geheimen Rat Dr. med. et phil. *Ernst Haeckel*, Professor der Zoologie an der Universität Jena, zu ihrem Ehrenmitgliede.

..., am 16. Februar 1914.

Der Vorstand
der Deutschen Zoologischen Gesellschaft.
gez.: *Heider, Korschelt, Braun,*
Kükenthal, Brauer.

1914. — Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft. Berlin, in Kommission bei W. Junk (S. 13).

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W. 9. S. Department of Agriculture

LIBRARY
RECEIVED
APR 31 1920

Heft 51 Seite 973—996

19. Dezember 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Über Beobachtungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie. Von *C. Dorno, Davos*. S. 973.
Quantitatives über die Verwendung der solaren Energie auf Erden. Von *H. Schroeder, Kiel*. S. 976.
Der Einfluß der Umgebung auf die Zeichnung des Feuersalamanders. Von *B. Dürken, Göttingen*. S. 981.
Quecksilberdampfstrahlpumpen. Von *J. Gehrts, Berlin*. S. 983.
Eine neue Darstellung der Entstehung und Ausbreitung der Alchemie. Von *Karl Sudhoff, Leipzig*. S. 990.

Besprechungen:

Kühn, Alfred, Die Orientierung der Tiere im Raum. Von *R. Bron, Zürich*. S. 993.

Zuschriften an die Herausgeber:

Kurve der Atomvolumina. Von *H. Baerwald, Darmstadt*. S. 994.

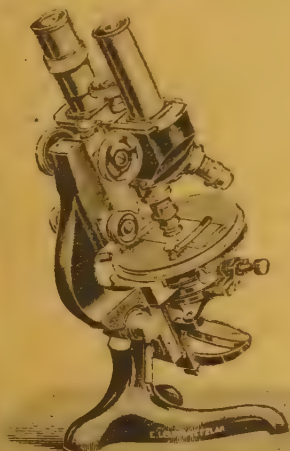
Pfüttertiere des Maulwurfes. Von *Ludwig Freund, Prag*. S. 994.

Astronomische Mitteilungen:

Effektive Temperaturen von 199 helleren Sternen. Eine neue Bestimmung der Periode und Bahnelemente des spektroskopischen Systems *Ursae majoris*. Bedeckungsveränderlicher *VV Orionis*. S. 995—996.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

**Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren**

**Mikrophotographische und
Projektionsapparate**

**Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.**

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitesse angenommen.

Bei jährlich	6	12	24	52 maliger Wiederholung
	10	20	36	40 0/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23-24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6950-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Für die Leser

des Aufsatzes in Nr. 45 dieser Zeitschrift von
Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Paul Jensen**

Allgemeine Biologie

als Grundlage für Weltanschauung,
Lebensführung und Politik

von Prof. Dr. **H. G. Holle**

Preis: Geh. M. 9.—; geb. M. 11.—,
dazu Sortimentszuschlag

Aus dem Inhalt:

1. Einleitung
Naturgefühl — Mechanisches und biologisches Denken
2. Das Wesen des Lebens
Stätte und Grundbedingungen des Lebens —
Die stoffliche Bestimmtheit der Lebensformen —
Leben und Beseelung von der Wesenseinheit
3. Die Erscheinungen des Lebens
Ernährung — Arbeit — Wachstum und Lebensdauer — Krankheit und Tod — Vermehrung und Vererbung — Schmarotzertum und Lebensgemeinschaft
4. Der Zusammenhang des Lebens
Entwicklung und Anpassung — Wandlungen der Lebensformen — Züchtung, Zucht, Erziehung —
Biologie im Unterricht

J. F. Lehmanns Verlag, München

Die Naturwissenschaften 1915, 1916 zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser
Zeitschrift erbeten. (167)

Entstehung und Ausbreitung der Alchemie

Mit einem Anhang:

Zur älteren Geschichte der Metalle

Ein Beitrag zur Kulturgeschichte

von Prof. Dr. **Edmund O. von Lippmann**
Dr.-Ing. E. h. der Techn. Hochschule zu Dresden, Direktor der
„Zuckerraffinerie Halle“ in Halle a. S.

758 Seiten. Preis M. 36.—; gebunden M. 45.—

Vergl. den Aufsatz „Sudhoff, Eine neue Darstellung der Entstehung und Ausbreitung der Alchemie“ auf Seite 990 ff. dieses Heftes.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die fortgesetzte außerordentliche, z. Zt. 7—8 fache Steigerung der Herstellungskosten zwingt den Verlag, den Preis der „Naturwissenschaften“ vom 1. Januar 1920 ab um M. 3.— für das Vierteljahr zu erhöhen.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

19. Dezember 1919.

Heft 51.

Über Beobachtungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie¹⁾.

Von C. Dorno, Davos.

An das Problem der Sonnen- und Himmelsstrahlung kann man von zwei ganz verschiedenen Standpunkten herantreten: einmal, indem man sich begnügt, rein statistisch aufzuzeichnen, welche Strahlungswerte an der Erdoberfläche, dem Standort des Beobachters, anlangen, und ihre Summe und Verteilung über Tages- und Jahreszeit feststellt, sodann indem man der inneren Beziehung zwischen Sonnen- und Himmelsstrahlung nachgeht und den Schwankungen, welche beide Komponenten aufweisen, und den Ursprung und die Gründe dieser zu erforschen sucht. Der erste Teil der Aufgabe steht der Meteorologie, insbesondere der „geographischen Meteorologie“ oder Klimatologie, zu und nützt dieser spezifischen Wissenschaft und durch sie der gesamten Biologie. Der zweite Aufgabenteil fällt in das Grenzgebiet von Geo- und Astrophysik und Astronomie. Obwohl hiernach fast alle Zweige der Naturwissenschaften einschließlich der Medizin, ja — wie ohne weiteres einleuchtet und durch die in harter Kriegsnot notwendig gewordenen Einschränkungen von Beleuchtung und Heizung jedem ad oculus bewiesen ist — jedermann persönlich an dem Problem ernst interessiert ist, ist seine Verfolgung verwunderlich spät und auch heute noch nicht wünschenswert systematisch in Angriff genommen. Die Meteorologie hat es ablehnen müssen, obwohl es sich um ihr Haupt- und Ausgangselement handelt, weil bis vor kurzem genügend einfaches, billiges und leicht zu handhabendes Instrumentarium fehlte; nur wenige, mit wissenschaftlich voll durchgebildeten Kräften besetzte Observatorien wagten sich an die Aufgabe; die Geo- und Astrophysik und Astronomie erwarteten, mit näher liegenden, spezifisch interessierenden Untersuchungen beschäftigt, die Lösung der Aufgabe anscheinend von den Schwesterwissenschaften, ihre Wichtigkeit scheinen sie auch bis vor kurzem noch unterschätzt zu haben, ja auch gegenwärtig ist man wohl noch nicht überall von ihr überzeugt trotz der staunenswerten Erfolge auf einzelnen Teilgebieten der Solarforschung. Immerhin sind die schon erzielt-

ten Resultate wahrlich reich genug, um mit Stolz auf sie zu verweisen, der Weg zu durchgreifenden Erfolgen ist geebnet, das Interesse bekundet sich sehr vielseitig, seitens Physiologie und Hygiene bisweilen durch wahre Notschreie nach Lieferung der klimatischen Strahlungskonstanten; es wird nirgend ausbleiben, wo über die Bedeutung des Problems Klarheit herrscht, es bedarf im allgemeinen nur noch der richtigen Organisation.

Als ich vor nunmehr 14 Jahren das Hochgebirge zum Dauerwohnsitz wählte, überzeugte ich mich bald, daß die Strahlung daselbst einen der wichtigsten klimatischen Faktoren repräsentierte, daß ihre Größe bisher mehr geschätzt als gemessen sei und die wenigen auf sommerlichen Ausflügen von berufenen Vertretern der Physik angestellten Messungen kein genügendes Bild geben konnten und die Angaben der Literatur, speziell der medizinischen, recht lückenreich und teilweise nicht fehlerfrei waren. Andererseits waren die Vorbedingungen zu exakten und wertbaren Dauerbeobachtungen sowohl theoretisch wie auch instrumentell erfüllt: Die Meßmethoden mußten, um den Anforderungen der Praxis zu genügen, an die bekannten Hauptwirkungen der Strahlung, die Wärme-, Helligkeits-, chemische und bakterizide, anknüpfen. Die bewundernswert exakten spektralanalytischen Methoden konnten die Aufgabe nicht erfüllen, denn sie wurden nur bei ausgesucht günstigsten atmosphärischen Verhältnissen angewandt, und sie ließen aus nur Spektrallinienbreite betreffenden Werten nicht einfache Schlüsse zu auf die Intensitäten des ganzen Sonnenspektrums oder der von der Praxis geforderten größeren Spektralteile; andererseits genügten die zahlreichen und weit verbreiteten photographischen Methoden zur Messung der Beleuchtungsstärke der Horizontalfläche nicht, weil sie meist gar zu wenig genau waren und fernerhin einseitig nur die kurzwelligeren Strahlen, noch dazu in recht wenig exakt definiertem Ausschnitt, berücksichtigten. Die den angestrebten Zwecken genügenden, zur Durchführung der Messungen gewählten Methoden waren bis 1907 nur zerstreut an wenigen Orten und nie im Zusammenhang miteinander angewandt und sie mußten teilweise den Hochgebirgsverhältnissen entsprechend geändert werden. Für die Messungen der Wärmeintensität der Sonne ergab sich freilich ohne weiteres das auf der internationalen meteorologischen Direktorenkonferenz in Innsbruck 1905 als Standardinstrument erklärte Kompensationspyrheliometer *Angströms*, bald ergänzt durch das recht einfach

¹⁾ Freie Bearbeitung eines auf der Jahresversammlung der Schweiz. Naturforsch. Ges. (7. bis 9. Sept. 1919) in Lugano gehaltenen Vortrages.

zu handhabende und dauernd gut bewährte Actinometer *Michelsons*. Für Helligkeitsmessungen lieferte *L. Webers* auf die Sehschärfe abstellende und dadurch den praktischen Bedürfnissen am meisten Rechnung tragende Methode eine erfreulich sichere und, da sie außer dem Helligkeitsäquivalenzwert auch die Intensität in Grün und Rot angibt, breite Grundlage. Nur vom Erfinder in Breslau, später in Kiel etliche Jahrzehnte zu regelmäßigen Beobachtungen verwandt, lieferte sie bis dahin die einzigen exakten Zahlen, mit welchen die Hygieniker rechneten und auf denen die Vorschriften für Beleuchtung von Innenräumen im Grunde basierten. Für die Bestimmung von chemisch wirksamen Strahlen bot eine an einer forstwirtschaftlichen Schule zu Dauerbeobachtungen angewandte, von *König* und *Weber* ausgearbeitete, freilich mühsame, photographische Methode ein scharfen wissenschaftlichen Ansprüchen genügendes Mittel. Die ultraviolette Strahlung, in welcher die Hauptwirkung der Heilung von der Medizin gesucht wurde, wurde qualitativ mittels eines nach eigenen Angaben von *Zeiß* erbauten Dauerspektrographen untersucht, welcher hauptsächlich zur Bestimmung der Ausdehnung des ultravioletten Spektrums und des Wechsels dieser Ausdehnung mit Jahres- und Tageszeit angewandt ist, und quantitativ mittels des damals exaktesten Instrumententyps dieses Gebietes, nämlich *Elster* und *Geitels* Zinkkugelphotometer, welches inzwischen durch die ebendenselben Forschern zu verdankende Cadmium- und Kaliumzelle weit überholt ist. Seitdem mittels dieses Instrumentariums 3 Jahre hindurch (1908 bis 1910) Dauerbeobachtungen durchgeführt und ihre Resultate in Tabellen gefaßt sind, welche außer — wie üblich — nach der Sonnenhöhe bzw. durchstrahlten Luftmasse auf die Tagesstunden abstellen und zunächst die „Normalwerte“ bei wolkenlosem Himmel, sodann die Änderungen dieser Normalwerte unter dem Einfluß von Bewölkungsgrad, Helligkeitsstufe der Sonne und Sonnenhöhe angeben, ist der Arzt, für welchen die Arbeit zunächst gedacht war, sodann allgemein der Biologe und für weitere Verwendung der Meteorologe und Klimatologe in den Stand gesetzt, die Strahlungswerte für jede beliebige Tagesstunde in exakten Zahlen abzulesen. Stichprobenartig in späteren Jahren fortgesetzte Beobachtungen haben bewiesen, daß durch den dreijährigen Beobachtungsturnus die Normalwerte mit genügender Sicherheit herausgesprungen sind. Der Wert dieser, wie zuzugestehen ist, nicht mühelosen Arbeitsmethode liegt unter anderem darin, daß die Messungen nur eines einzigen Beobachtungsturnus bedürfen, welcher freilich genügend lang sein muß, für eine exakte Erfassung der Normalwerte, und daß die Ableitung der definitiven Werte alsdann ein für allemal zurückgeführt ist auf die Beobachtung von Sonnenscheindauer und Bewölkungsverhältnissen, welche der normale

meteorologische Dienst schon heutzutage überall liefert. Natürlich sind Registrierinstrumente anzustreben. Über die Schwierigkeit, solche selbst für die einfachen meteorologischen Elemente des Luftdrucks, der Feuchtigkeit und Temperatur exakt herzustellen und im Gebrauch exakt zu überwachen, täuscht man sich gemeinlich; für Strahlungsmessungen sind diese Schwierigkeiten noch viel größer, weil die Unabhängigkeit von der unmittelbaren Umgebung nur mit sehr kostbaren umfangreichen Hilfsmitteln oder durch Kunstgriffe zu erzielen ist.

Der Anpassung an den praktischen Gebrauch verdankt das die Resultate enthaltende Buch „Studie über Licht und Luft des Hochgebirges“⁽¹⁾ — welches übrigens neben den Strahlungsgrößen auch die Lufterlektrizität und Radioaktivität behandelt — wohl vornehmlich die große Beachtung, welche es gefunden hat; daneben aber auch den charakteristischen Vergleich mit den, freilich nur spärlichen, Meßresultaten anderer und auf jedem Strahlungsgebiet wieder verschiedener Orte, welche erkennen ließen, daß die Unterschiede der absoluten Strahlungsgrößen und ihrer Verteilung über Tag und Jahr von Ort zu Ort weit größer und daher charakteristischer sind als die der übrigen meteorologischen Elemente, woraus geschlossen werden dürfte, daß die Strahlung mit am ausschlaggebendsten ist für die verschiedenen Klimawirkungen. Hierbei ist nicht nur die Verschiedenheit der Einstrahlungsgröße, sondern auch die der Ausstrahlungsgröße zu beachten; denn nicht nur des Nachts, sondern auch am Tage geht bei Wolkenfreiheit im Hochgebirge und überwiegend wohl auch überall in den polaren und gemäßigten Zonen eine Wärmestrahlung von der Erde zum Himmel, außer in nächster Sonnennähe.

Einige wenige Zahlenbeispiele dürften wohl interessieren:

Davos hat mittags im tiefen Winter die 6-fache Helligkeit von Kiel; Davos hat mittags im höchsten Sommer die 1,8-fache Helligkeit von Kiel; Davos hat mittags im Jahresmittel die 2,5-fache Helligkeit von Kiel.

Das Hochgebirge hat also:

1. eine sehr viel hellere Beleuchtung als die Ebene;
2. eine sehr viel günstigere Verteilung dieser Helligkeit über das Jahr, indem die Winterhelligkeit die der Ebene sehr viel mehr übertrifft als die Sommerhelligkeit.

Die Amplitude der Monatsmittel beträgt in Davos 3,9, in Kiel 7,9; die Amplitude der absoluten Maxima und Minima beträgt in Davos 32,3, in Kiel 219,0 (also etwa das 7-fache).

Das mittlere Vorderlicht, d. h. die mittlere Beleuchtungsstärke der 0°, 90°, 135° und 180° mit der Sonnenrichtung bildenden Vertikalfläche,

welche also den Reflex des Erdbodens mit einschließt, erreicht in Davos bei Schneelage das Oberlicht, d. h. die Beleuchtungsstärke der Horizontalfläche, während es im Sommer kaum $\frac{3}{4}$ desselben ausmacht. Soweit bisher Vergleiche möglich sind, übertrifft die Wirkung des Schneereflexes die des Meeresstrandes und der Meeresfläche.

Im Winter spendet die Sonne Davos die dreifache Wärmemenge derjenigen, welche Potsdam erhält, im Sommer sind die Unterschiede gering. Auch hierin kommt die im Hochgebirge besonders günstige Verteilung der Strahlungsgröße über das Jahr zum Ausdruck. Von allen Orten, von welchen bisher Zahlen vorliegen, hat Davos die weitaus größte Wärmesumme, obwohl ihm infolge der eingeschlossenen Tallage im Mittel drei Stunden täglichen Sonnenscheins fehlen; nur das südlich gelegene Washington mit seinem gänzlich freien Horizont meldet eine ein wenig höhere Zahl.

Keineswegs ist die Sonnenstrahlung stets gleichartig zusammengesetzt; die niedrige Sonne ist viel reicher an langwelligen Strahlen (viel röter) als die hohe, wie jedermann aus eigener Anschauung weiß. Doch auch bei gleichen Sonnenhöhen besteht ein ausgeprägter Jahresgang: die Frühjahrssonne ist — wenigstens auf den Alpenhöhen — viel reicher an Wärme, die Herbstsonne viel reicher an ultraviolett Strahlen.

Der Unterschied zwischen Sonnen- und Schattenlicht wechselt stark mit der Sonnenhöhe und noch stärker mit der Farbe des Lichts, denn der Himmel ist — wie schon der Augenschein lehrt — viel reicher an kurzwelligem (blauem) Licht als die Sonne mit ihren langwelligeren (ultraroten, roten und gelben) Strahlen. Bei mittleren Sonnenhöhen und wolkenlosem Himmel ist in Davos das auf die Horizontalfläche fallende rote Licht der Sonne 14-mal stärker gefunden worden als das des Himmels, während ihre Helligkeit nur 11-mal, ihre chemischen Strahlen nur 4,4-mal, ihre rein ultraviolett (bakteriziden) Strahlen sogar geringer (nämlich nur etwa halb so groß) sind wie die des Himmels. Schon hieraus geht hervor, daß eine photographische Methode, wäre sie auch, wie die Weber-Königsche, genau bis auf etwa 2% und nicht, wie die weitverbreitete Wiesnersche, nur auf etwa 20 % genau, niemals das Lichtklima eines Ortes genügend charakterisieren kann. Der Verfasser hat durch neunmonatliche Parallelreihen für die Beleuchtungsstärke der Horizontalfläche nachgewiesen, daß man photographisch die Lichtsummen der direkten Sonnenstrahlen

bei hohem Sonnenstande etwa 2-mal
des diffusen Himmelslichts,

bei niedrigem Sonnenstande etwa $4\frac{1}{2}$ -mal,
„ hohem „ „ 7 „
des Gesamtlichts,

bei niedrigem Sonnenstande etwa $1\frac{3}{4}$ -mal,
„ hohem „ „ $2\frac{3}{4}$ „
größer als photometrisch mißt, wofern man die Minima einander gleich setzt, und daß das Verhältnis von Sonnenlicht zu Schattenlicht photometrisch im Jahresmittel etwa 3,4-mal höher gefunden wird als photographisch, und zwar schwankend zwischen dem 5-fachen Wert im Winter und dem 2-fachen im Sommer. Man sieht, es handelt sich um Unterschiede von Hunderten von Prozenten.

Diejenigen, welchen Zahlen etwas zu erzählen vermögen, werden schon bei diesen wenigen Beispielen hoch aufhorchen und die Wichtigkeit von Vergleichsmessungen an verschiedenen Orten ohne weiteres verstehen. Auf Anregung von Herrn Geheimrat Dietrich vom Ministerium des-Innern als geistigem Leiter der „Zentralstelle für Balneologie“ entworfene „Vorschläge zum systematischen Studium des Licht- und Luftklimas der den deutschen Arzt interessierenden Orte“⁴⁾ fanden denn auch volles Verständnis, und sie wurden von Herrn Geheimrat Hellmann, welcher ähnliche Pläne verfolgte, reich unterstützt. Wenn sie noch nicht vollen Erfolg gehabt haben, so liegt das an den traurigen Ereignissen der Zeit. Immerhin sind etliche Parallelstationen zu Davos gegründet, und einige von ihnen haben schon längere Zeit gearbeitet, wie z. B. Potsdam und Kolberg, deren Material wohl in Bälde der Öffentlichkeit übergeben werden dürfte. Auch in Oberhof rüstete man zu Dauerbeobachtungen; auf den Nordseeinseln ist von Kieler Doktoranden und von Berliner Physiologen viele Monate hindurch gearbeitet worden. In Essen und von dort aus im Teutoburger Wald sind Stationen geplant, desgleichen auf dem Feldberg im Taunus; St. Blasien hat mit Beobachtungen begonnen. Im Allgäu sind sorgsame Intensitätsbestimmungen der Sonne schon seit etlichen Jahren durchgeführt worden. Das aeronautische Observatorium in Lindenberg hat sich mit gewohnter Energie der Aufgabe angenommen; P. Schreiber meldete schon einige Zahlen von der sächsischen Wetterwarte Wahnsdorf. Es dürften auch noch Stationen entstanden oder geplant sein, welche sich nicht direkt oder indirekt mit dem Verfasser in Verbindung gesetzt haben. Auch in anderen Ländern regt sich das Interesse: In der vom wetter- und klimascheidenden Alpenkamm durchzogenen und daher zu Vergleichsmessungen besonders geeigneten Schweiz sind die ersten Schritte für die Aufnahme solcher getan; in den Ostseeprovinzen Rußlands waren solche kurz vor dem Kriege der Ausführung nahe; ähnlich lag es in Holland, während man in dem auf meteorologischem Gebiet mannigfach führenden Österreich leider noch mit der photographischen Wiesnerschen Methode auszukommen glaubt. Wenn der Ausgangsort für Wärmestrahlungsmessungen der Sonne, Upsala und Stockholm,

⁴⁾ Veröffentlicht. d. Zentralstelle f. Balneologie Bd. I, Heft 7.

Moskau und Warschau, und der weit verbreiteten Wärmestrahlungsmessungen in den Vereinigten Staaten zuletzt gedacht wird, so geschieht dies, weil sie sich bisher fast ausschließlich einseitig mit der Gesamtenergie, nicht mit der einzelner Spektralteile beschäftigt oder sie da, wo sie, wie bei der Solarforschung, herausprangen, nicht klimatologisch verwertet haben.

Die Bedürfnisfrage wurde schon oben gestreift: Noch jüngst klagte mir einer der ersten Hygieniker Deutschlands, daß er auf die doch keineswegs die Mittelverhältnisse Deutschlands darstellenden Helligkeitszahlen L. Webers aus Kiel abstellen müsse. Wie soll der Physiologe und Biologe bei seinen Forschungen zu sicheren Resultaten kommen, wenn er die Intensität und Spektralzusammensetzung der ihm zur Verfügung stehenden Sonnen- und Tageslichtstrahlung nicht kennt und sich bei ihrer Schätzung um Hunderte von Prozenten irren kann, während er andererseits bei Laboratoriumsversuchen mit einer Genauigkeit von wenigen Prozenten rechnet, bei welchen ihm andererseits wiederum die meteorologischen Faktoren fehlen, die in der Natur mitwirken. Dasselbe gilt von den therapeutischen Lichtbädern: Versuche einerseits in künstlichem Licht bei mehr oder weniger unvermeidlichen schädlichen oder mindestens keineswegs heilbringenden Nebeneinflüssen und andererseits im Sonnen- und Luftbad müssen einander ergänzen, und sicherlich ist noch mühsame Arbeit zu leisten, ehe Klarheit über den Nutzen der Einzelfaktoren herrschen und damit die Gelegenheit gegeben sein wird, diese natürliche, aber wahrlich nicht unwirksame Heilquelle voll auszunutzen. Man lese — um noch ein sprechendes Beispiel für die Bedürfnisfrage herauszugreifen — die medizinische Literatur über die Wirkungen des Lichts auf das Blut: selbst bei ernsteren Ärzten tritt am Schluß aller Erwägungen nicht selten wieder die Frage auf nach einem ganz unbekannten, geheimnisvollen Gehalt der Sonnenstrahlung, und das wird nicht aufhören, und eine entscheidende Lösung dieser überaus wichtigen Frage wird kaum zu erwarten sein, ehe nicht der Arzt in die Lage versetzt ist, die Wirkung einzelner Spektralbezirke auf das Blut zu untersuchen, bei gleichzeitig unveränderten natürlichen Bedingungen. Will man aber zum gewünschten Ziele kommen, so ist eins nötig, nämlich straffe Organisation, welche zu achten haben würde auf:

- Genau abgestimmtes, einheitliches Instrumentarium, Beobachtungs- und Verarbeitungsprogramm;
- synchrone Beobachtungen, denn optische Störungen sind gar nicht selten;
- Anwendung absoluten und konstanten, auch für die gebräuchlichsten künstlichen Lichtquellen brauchbaren Maßes;
- physikalisch gut durchbildetes, arbeitsfreudiges Beobachtungspersonal.

Eins der bestehenden meteorologischen oder geophysikalischen Hauptobservatorien wird sich bei der Wichtigkeit und Dringlichkeit der Aufgabe zur Durchführung wohl bereit finden lassen, und es wird auch die Zeit kommen, da internationale Verständigungen wieder möglich sein werden.

(Schluß folgt.)

Quantitatives über die Verwendung der solaren Energie auf Erden.

Von H. Schroeder, Kiel.

1.

Motto: „Soll ich Dir die Gegend zeigen.
Mußt Du erst das Dach besteigen.“
(Goethe: West-östlicher Divan.)

Vor einiger Zeit habe ich einen Näherungswert für die während eines Jahres von der Vegetation der Erde zerlegte Kohlensäuremenge aufgestellt¹⁾. Aus diesem läßt sich der Energieverbrauch der assimilierenden Pflanzendecke ableiten. Da die für diesen erhaltene Zahl für sich allein nichts besagt, stelle ich sie mit einigen Vergleichswerten zusammen.

(Siehe Tabelle auf Seite 977.)

Allgemeine Bemerkung zur Tabelle:

Ich habe die Energiewerte in Kalorien²⁾ ausgedrückt. Da deren Entwicklung oder Verbrauch für eine bestimmte Zeit berechnet ist, liefern die Angaben einen Effekt und lassen sich leicht in andere Einheiten umrechnen. Ich habe Kalorien gewählt, weil ich von der Leistung der grünen Gewächse ausging und weil man die Energiebilanz chemischer Umsetzungen in Kalorien anzugeben pflegt.

Alle Zahlen sind, wie das bei den bestehenden Unsicherheiten selbstverständlich ist, stark abgerundet; desgleichen wurde beim Rechnen erheblich vereinfacht und gekürzt.

Begründung der Einzelwerte:

Nr. 1. Die ausstrahlende Sonnenenergie ist auf der Basis einer Solarkonstante von 2 cal.-cm²-Min. und einer Sonnendistanz von 149×10^6 km berechnet. Die letzten Bestimmungen der Konstante liegen zwischen 1,9 und 2,25 cal.-cm²-Min.³⁾. Daraus ergeben sich als Grenzwerte für die Ausstrahlung eines Jahres (2,8 bis 3,3) $\times 10^{30}$ Kal. Der bis jetzt wohl beste Wert der Solarkonstante 1,932 cal.-cm²-Min. [Abbot⁴⁾, 1913] führt auf $2,927 \times 10^{30}$ Kal.

Nr. 2. Für die Berechnung der auftretenden Strahlung ist die Erde als Scheibe von 6370 km Radius und die Konstante wie oben gleich zwei angenommen.

¹⁾ „Die Naturwissenschaften“ 1919, S. 8.

²⁾ Große oder Kilogramm-Kalorien, abgekürzt Kal. Der Wert der Solarkonstante (Text im folgenden) ist, wie üblich, in Grammkalorien angegeben, Abkürzung cal.

³⁾ Handbuch der Naturwissenschaften Bd. VII, Jena 1912, S. 827.

⁴⁾ Abbot, Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution Vol. 3 (1913), S. 134. (Die letzten Messungen (Moore in Calama, Chile) ergaben 1,951 cal.-cm²-Min. [„Naturwissenschaften“ 1919, S. 230].)

Lfd. Nr.		Kalorien im Jahre	Billionen Kalorien im Jahre	Relative Werte (abgerundet)		Relativwerte in Zeitmaß (Erklärung im Text)	
1	Ausstrahlende Sonnenenergie	$3 \cdot 10^{30}$	3 000 000 000 000 000 000	$2,3 \cdot 10^9$ (2,3 Milliarden)	$(20 \cdot 10^{12})$	74 Jahre	$2\frac{1}{4}$ Milliarden Jahre
2	Einstrahlung am Rande der Atmosphäre....	$1,34 \cdot 10^{21}$	1 340 000 000	1	8 000	1 Sekunde	11 Monate
3	Energieverbrauch b. d. Wasserverdunstung.	$0,340 \cdot 10^{21}$	340 000 000	0,25	2 000	$\frac{1}{4}$ Sek.	83 Tage
4	Energieverbrauch b. d. pflanzl. Assimilation	$0,162 \cdot 10^{18}$	162 000	—	1,0	—	1 Stunde
5	Leistung d. gesamt. fließend. Wassers d. Erde	$0,050 \cdot 10^{18}$	50 000	—	0,309	—	$18\frac{1}{2}$ Minuten
6	Energiewert der Weltkohlenförderung ...	$6,6 \cdot 10^{15}$	6 600	—	0,04	—	$2\frac{1}{4}$ Minuten
7	Ausnutzbare Wasserkräfte	$2,8 \cdot 10^{15}$	2 800	—	0,017	—	1 Minute
8	Ausgenutzte Wasserkräfte	$0,08 \cdot 10^{15}$	80	—	0,00050	—	2 Sekunden
9	Arbeitsvermög. d. Menschengeschlechtes ...	$0,07 \cdot 10^{15}$	70	—	0,0005	—	2 Sekunden

1.932 ergäbe $1,295 \times 10^{21}$ Kal., 2.25 deren $1,51 \times 10^{21}$. Damit sind die Fehlergrenzen umrissen. Man kann demgemäß schreiben $(1,4 \pm 0,1) \times 10^{21}$ Kal.

Nr. 3. Die Menge des jährlich verdunstenden Wassers ist zu $(587 \pm 59) \times 10^3$ km³ angenommen, kombiniert aus der Angabe von Lütgens¹⁾ 506×10^3 km³ für das Weltmeer und aus der von Fritzsche²⁾ 81×10^3 km³ für die Landflächen. Die latente Verdampfungswärme ist eher zu niedrig als zu hoch mit 580 Kal. (für 1 kg Wasser bei 25 °) eingesetzt. Die Fehlergrenze wird etwa durch folgenden Ausdruck angegeben: $(0,34 \pm 0,034) \times 10^{21}$ Kal.

Nr. 4. Die Produktionsleistung der grünen Pflanzendecke ist aus der Menge der zerlegten Kohlensäure $(60 \pm 15) \times 10^{12}$ kg auf Grund der Formel:



berechnet. Fehlergrenze wäre beiläufig $(0,162 \pm 0,04) \times 10^{18}$ Kal. Doch berücksichtigt die benutzte Schätzung des Kohlensäureverbrauches lediglich die Landvegetation und das Benthos des Meeres, nicht aber das Plankton. Der durch diese Vernachlässigung bewirkte Fehler läßt sich nicht bestimmen, möglich, daß erst ein Verdoppeln der mitgeteilten Zahl dem Einfluß des Planktons gerecht würde. Damit wird indes das äußerste Maximum gegeben sein. Gegenüber dieser Ungenauigkeit verschwindet eine zweite, die durch die vorn gemachte unzutreffende Voraussetzung verursacht wird, daß alle assimilierte Kohlensäure als Glukose gespeichert werde.

Nr. 5. Das Arbeitsvermögen des fließenden Wassers veranschlagt Engler³⁾ auf 10×10^9 Pferdestärken, doch sei es vorsichtiger nur mit etwa 8×10^9 Pferdestärken zu rechnen. Das wären 55×10^{15} oder 44×10^{15} Kal. das Jahr. Diese Zahlen ergeben sich aus der Menge des fließenden Wassers (Engler: 32 500 km³ das Jahr) und der Fallhöhe (Engler: mittlere Höhe der einzelnen Kontinente). Für die bewegte Wassermenge hat

Fritzsche¹⁾ eine ungefähr übereinstimmende Zahl ($30\,640 \text{ km}^3$ für die peripheren Landflächen). Eher dürfte man gegen die gewählte Fallhöhe Bedenken äußern können. Vielfach ist die Niederschlagshöhe in den Küstenregionen besonders groß, andererseits aber auch im Hochgebirge; ferner wird während des Fließens stattfindende Verdunstung, besonders falls Seebecken eingeschaltet sind, es bewirken, daß nicht alles strömende Wasser den Ozean erreicht; und die Höhe des Zuflusses zu diesem ist es, die wenigstens Fritzsche ermittelt hat. Man wird also bei den Werten für die Leistung des fließenden Wassers die Fehlergrenzen gleichfalls ziemlich weit stecken müssen.

Nr. 6. Die Energieentwicklung bei der Kohlenverbrennung folgt aus der Weltkohlenförderung $1,2 \times 10^{12}$ kg (1200 Millionen Tonnen) und einer sicherlich nicht zu hoch gegriffenen durchschnittlichen Verbrennungswärme von 5500 Kal. für das Kilogramm Förderkohle.

Um Irrtümer zu verhüten, füge ich bei, daß nur ein Teil dieser $6,6 \times 10^{15}$ Kal. wirklich für die Bedürfnisse der Menschheit nutzbar gemacht wird. Der Nutzeffekt dürfte sich auf etwas über 25 % (entsprechend $1,5 - 1,8 \times 10^{15}$ Kal.) stellen. [Krafterzeugung: (Nutzeffekt 6—8 %) $0,3 \times 10^{15}$ Kal.²⁾; Heizung: (Nutzeffekt 30 %) $0,6 \times 10^{15}$ Kal. und metallurgische Zwecke: (Nutzeffekt 40 %) $0,6 \times 10^{15}$ Kal., wozu noch ein kleinerer der Lichterzeugung dienender Betrag käme³⁾.]

Nr. 7. Die Zahl für die ausnutzbare Wasserkraft ist aus einer Angabe Englers umgerechnet. Nach Scholl sind alle hergehörigen Schätzungen reichlich unsicher. Scholl selbst nennt ganz summarisch $1 - 2 \times 10^{12}$ Pferdestärkestunden das Jahr, was $0,632$ bis $1,264 \times 10^{15}$ Kalorien jährlich entspräche. Wenn auch Scholl die möglicherweise durch Herstellung von Stauanlagen zu gewinnenden Mengen ausdrücklich unbe-

¹⁾ Lütgens, Archiv der deutschen Seewarte 34 (1911), Nr. 1.

²⁾ Fritzsche, Diss., Halle 1906.

³⁾ Engler, Über Zerfallsprozesse in der Natur, Leipzig (1911), S. 24.

¹⁾ l. c.

²⁾ Eine ganz neue Schätzung kommt auf den doppelten Betrag ($0,5 - 0,6 \times 10^{15}$ Kal.).

³⁾ Scholl, Die irdischen Energieschätze und ihre Verwertung, Leipzig (1912), S. 17.

rücksichtigt gelassen hat, scheint mir doch seine für die ganze Erde vorgesehene Zahl etwas gering, wenn er daneben für den besser bestimmbarcn Anteil Europas $0,221 \times 10^{15}$ Kal. im Jahre nennt.

Nr. 8. Nach Ermittlungen des canadischen Ministeriums des Innern¹⁾ werden von den auf Erden verwendeten Pferdestärken $(15-16) \times 10^6$ durch Wasserkraftc geliefert. Das entspricht $0,08-0,09 \times 10^{15}$ Kal. im Jahr. Eine ältere Schätzung Scholls $(30-40 \times 10^9)$ Pferdestärkestunden gleich $0,019-0,025 \times 10^{15}$ Kal.) brachte nur ein Viertel dieses Wertes.

Nr. 9. Nach Angaben, die bei Wiener²⁾ abgedruckt sind, ist die Tagesleistung eines Schwerarbeiters auf 200 000 mkg zu bewerten. Denkt man sich eine Erdbewohnerschaft von Schwerarbeitern, so kämen $0,263 \times 10^{15}$ Kal. für das Jahr von 360 Arbeitstagen heraus. Wiener glaubt, für die Menschheit als Ganzes die Individualleistung im Durchschnitt auf ein Viertel der des Schwerarbeiters herabsetzen zu müssen, woraus sich für die Gesamtheit $0,066 \times 10^{15}$ Kal. jährlich berechnen lassen. In der Nähe dieser Zahl wird der richtige Wert liegen.

2.

Man pflegt gegen derartige Aufstellungen gewöhnlich zweierlei einzuwenden. Erstlich seien die gebrachten Zahlen in ihrer Größe schlechthin unverständlich; zweitens seien die möglichen Fehler der Ausgangswerte derartige, daß die aus ihnen abgeleiteten von besonnener Kritik illusorisch genannt werden müßten. Während der erste Einwurf die ganze Mühe als auf eine bloße Spielerei aufgewendet hinstellt, worunter schließlich allein der Autor und schlimmstenfalls noch der Herausgeber oder Verleger zu leiden hätten, ist der zweite schwerer zu nehmen, da, falls er zutrifft, Ungewisses, womöglich Falsches, mit dem Anscheine der Richtigkeit vorgetragen und darum geglaubt würde.

Aus diesem Grunde beginne ich mit dem zweiten Einwand. Er nötigt sofort zu dem Zugeständnis, daß die möglichen Fehler groß sind, weshalb bei der Veröffentlichung der Zahlen ausdrücklich und deutlich auf diesen Mangel hinzuweisen ist. Doch glaube ich bei den gebrachten Werten nicht an einen Grad der Ungenauigkeit, der ein direktes Irreführen des Lesers befürchten läßt. Ich will dies an einem im Hinblick auf spätere Betrachtungen gewählten Beispiele beweisen. Die der Erde zustrahlende Energie wurde zu $1,34 \times 10^{21}$ Kal. gefunden, die Verdunstungsarbeit zu $0,34 \times 10^{21}$ Kal. und die Leistung der assimilierenden Pflanzen zu $0,162 \times 10^{18}$ Kal. Genannte drei Größen stünden demnach im Verhältnis 8000 : 2000 : 1. Es diene also $\frac{1}{4}$ der an der Grenze der Atmosphäre ankommenden Energie der Wasserverdunstung und $\frac{1}{8000}$ der photoenergetischen Assimilation.

Nehme ich von den obigen drei Größen die an den mitgeteilten wahrscheinlichen Fehlergrenzen gelegenen extremen Werte und kombiniere

derart, daß ich die Höchstzahl für die Einstrahlung zu den Mindestwerten für Verdunstungs- und Assimilationsarbeit in Beziehung setze und umgekehrt, so läge der Anteil der Verdunstung zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{3}$, der der Assimilation zwischen $\frac{1}{6500}$ und $\frac{1}{12500}$. Die Folgerung, daß zur ersten Arbeit ein sehr ansehnlicher, zur zweiten ein — damit verglichen — recht geringfügiger Teil der Einstrahlung verwendet werde, bleibt also bestehen.

Nun habe ich oben auseinandergesetzt, daß die energetische Leistung der assimilierenden Pflanzen bei Einbeziehung des Planktons womöglich auf das Doppelte des in der Tabelle gebrachten Wertes zu steigern wäre. Ich will, was gewißlich übertrieben, annehmen, es bestehe eine Unsicherheit diesen Grades sowohl nach oben wie nach unten und sie gelte ebenso für die Zahlen der einstrahlenden Energie und die der Wasserverdunstung. Dann erhalte ich wiederum durch Kombination der extremsten Werte, für den Anteil der Verdunstung $\frac{1}{4}$ (was natürlich undenkbar) und $\frac{1}{15}$, für den der Assimilation $\frac{1}{4000}$ bis $\frac{1}{30000}$ der Einstrahlung. Also selbst unter diesen unwahrscheinlichen Voraussetzungen bezüglich der Fehlergröße besteht die oben formulierte Folgerung zu Recht.

Die letzten Ausführungen lehren, daß die absoluten Zahlen nur insofern Bedeutung haben, als sie die Aufstellung von Relationen ermöglichen. Diese Erkenntnis zeigt den Weg, um die an und für sich unfaßbaren Zahlen verständlich zu machen, nämlich durch Einführen von Vergleichsverhältnissen mit geläufigen Größen. (Das ist, bei Lichte besehen, eine Binsenweisheit; denn jede nicht ganz alltägliche Zahl wird erst als Verhältnis gedacht für uns vorstellbar.) Für diesen Zweck scheint mir zumal bei weit auseinander liegenden Zahlen die Stufenfolge der Zeiteinheiten besonders geeignet. Jedermann hat eine greifbare Vorstellung von der Länge eines Jahres, wie von der einer Sekunde. Damit umfaßt er den Spielraum von 1 bis zu 31 500 000; denn so viele Sekunden enthält in runder Zahl ein Jahr. Schreitet man bis zu einem Lebensalter (74 Jahren) vor, so erweitert sich das Verhältnis auf 1 : 2 330 000 000 oder 1 : 2,3 Milliarden. Das ist ziemlich genau das Verhältnis der unserer Erde zufallenden Energiemenge zur gesamten Ausstrahlung der Sonne. Die Winzigkeit des irdischen Anteiles ist damit gekennzeichnet und, wie ich glaube, verständlich gemacht. Bedenkt man die Fülle der an die solare Energie geknüpften Vorgänge auf Erden — das Werk einer Sekunde —, so wird sogar vielleicht von der Höhe der Ausstrahlung der Sonne — der Arbeit von 74 Jahren — eine bescheidene Ahnung aufdämmern.

Als solche, auf Zeiträume bezogenen, Vergleichsverhältnisse sind die Angaben der beiden letzten Stäbe meiner Tabelle zu betrachten, die im übrigen für sich sprechen.

¹⁾ „Naturwissenschaften“ 1919, S. 195.

²⁾ Wiener, Physik und Kulturentwicklung, Leipzig (1919), S. 52.

3.

Wenn somit die Größenordnung der mitgeteilten Zahlen sichersteht und es möglich ist, eine Anschauung ihres gegenseitigen Verhältnisses zu gewinnen, so dürften sich trotzdem Leute finden, die derartige Rechnungen als zwecklos bezeichnen, nach meiner Meinung zu Unrecht. Wenn es die Aufgabe der Naturwissenschaft ist, ein Bild der Vorgänge im Universum zu liefern, und wenn, wie das heute der Fall ist, dies im wesentlichen auf dem Boden des Energiegesetzes angestrebt wird, so wird das Resultat nur dann befriedigen, wenn es im ganzen wie im einzelnen zahlenmäßig definiert ist. In solcher Vollendung schwebt dieses Ziel, bei dem man sich des bekannten Ausspruches *Kants* erinnert, freilich heute in nebelhafter Ferne; in vielen Einzelfällen lassen sich indes schon beim gegenwärtigen Wissensstande gut begründete Näherungswerte aufstellen. Ist erst der Reigen eröffnet, so werden sich andere anschließen. Denn ich stehe mit dem Verlangen nach zahlenmäßigem Begreifen gewiß nicht allein; haben doch selbst die Verfasser biologischer Lehrbücher zuweilen das Bedürfnis gefühlt, die Tragweite bestimmter Vorgänge für das Geschehen auf Erden zur Anschauung zu bringen. In der Regel beschränken sie sich dabei auf Mitteilung einer oder mehrerer etwas willkürlich ausgewählter Teilzahlen und überlassen den Schluß aufs Ganze dem Leser oder richtiger seiner Phantasie.

Allerdings hat dies Verfahren einen gewissen Vorteil; der Leser wird der eigenen Schätzung, deren schwache Begründung er kennt, mißtrauen, während er die Angaben seines Autors glaubt. Dieser allzu großen Vertrauensseligkeit läßt sich indes leicht begegnen; und jedenfalls wird das Bild, das der sachkundige, seiner Verantwortung bewußte Autor unter pflichtgemäßer Verweisung auf vorhandene Mängel entwirft, selbst wenn Phantasie auch seinen Pinsel ein wenig beeinflußt hat, der Wirklichkeit näher kommen, als das des uneingeweihten Lesers.

4.

Der Nutzen der quantitativen Betrachtungsweise ist mit dem Vorgetragenen nicht erschöpft; das verschwommene Bild erhält durch sie deutliche Konturen. Infolgedessen wird mancher Vorgang, dessen Bedeutung nicht nach Gebühr gewürdigt wurde, ins richtige Licht gestellt werden, mancher, vordem überschätzte, verdientermaßen in den Hintergrund geschoben werden.

Wenn ich in diesem Sinne einiges ausführe, so tue ich das für mehrere Gegenstände als Laie und verbürge mich nicht dafür, daß alles das, was meiner unvollkommenen Literaturkenntnis neu erscheint, von den Eingeweihten dafür anerkannt werde; weiteren Kreisen, und zu diesen rede ich, wird es jedenfalls unbekannt sein; und Prioritätsansprüche bin ich nicht gewillt, zu erheben.

Bei der Betrachtung der Tabelle fällt es vor

allem auf, ein wie ansehnlicher Teil der Einstrahlung zur Wasserverdunstung verbraucht wird. Von $(1,40 \pm 0,1) \times 10^{21}$ Kal. deren $(0,340 \pm 0,034) \times 10^{21}$ oder $(24,3 \pm 0,1) \%$ mit einem wahrscheinlichen Mindestwert von 23 %¹⁾. Es wird also rund ein volles Viertel der unserer Erde zuströmenden Energie in der genannten Weise verwendet. Scheidet man Meer und Landflächen, so kommt auf jenes eine Einstrahlung von $(0,99 \pm 0,07) \times 10^{21}$ Kal. und eine Verdunstungsarbeit von $(0,293 \pm 0,03) \times 10^{21}$ Kal. oder $(29,6 \pm 5,0) \%$, auf diese $0,410 \pm 0,03) \times 10^{21}$ Kal. Einstrahlung, $(0,047 \pm 0,005) \times 10^{21}$ Kal. Verdunstung oder $(11,5 \pm 2,1) \%$ ²⁾. Die wahrscheinlichen Mindestwerte³⁾ wären 27 % für das Meer und 12 % für das Land.

Die solcherart latent werdenden Wärmemengen gehen der Erde nicht verloren; bei der Kondensation des Wasserdampfes werden sie wieder manifestant. Dadurch wird der Wechsel zwischen flüssigem und gasförmigem Zustande des Wassers zu einem wesentlichen Faktor für die Erwärmung des Luftmeeres. Seine Bedeutung tritt klarer hervor, wenn man das Schicksal der an der Atmosphären Grenze auftreffenden Strahlung verfolgt. Ich reproduziere dafür ein Schema *Traberts*⁴⁾:

Gesamte Einnahme 100 %:
davon

gehen zur Erdoberfläche: 40 %	absorbiert die Atmosphäre: 20 %	gehen sofort zurück: 40 %
hiervon werden		
zur Deckung der Ausstrahlung verwendet: 10 %	an die Atmosphäre abgegeben: 30 %	
Es strahlt die Atmosphäre überhaupt aus: 50 %		

¹⁾ Die wahrscheinlichen Mindestwerte sind auf Basis einer Solarkonstante von 2 cal.-cm²-Min. (Einstrahlung $1,340 \times 10^{21}$ Kal. das Jahr) und einer Wasserverdunstung von 450×10^3 km³ für das Meer, einer Zahl, die *Lütgens* als wahrscheinlichen Mindestwert bezeichnet, und 81×10^3 km³ für das Land berechnet. Ich habe von dieser Zahl *Fritzsches* für die Verdunstung des Landes keinen Abzug gemacht, da sie nach *Meinardus* infolge Vernachlässigung des Übertretens von Dampf vom Festland zum Ozean ohnehin etwas zu klein ist.

²⁾ Die Unterteilung der zustrahlenden Energie zwischen Land und Meer gilt nur in grober Annäherung. Es wurde ausgerechnet, wieviel von der gesamten den 510×10^3 km² Erdoberfläche zustrahlenden Energie den 149×10^3 km² Land und wieviel den 361×10^3 km² Meer zufiele. Dies Verfahren wäre nur dann uneingeschränkt zulässig, wenn entweder die Zufuhr sich gleichmäßig über die ganze Erdoberfläche verteilte oder wenn, falls dies nicht gilt, Land- und Wasserflächen in allen Breiten im gleichen, dem angegebenen Verhältnisse stünden. Beides ist bekanntlich unzutreffend.

³⁾ Berechnet unter den in beiden vorstehenden Fußnoten mitgeteilten Voraussetzungen.

⁴⁾ W. *Trabert*: Lehrbuch der kosmischen Physik, Leipzig (1911), S. 494.

Es werden also ungefähr¹⁾ 30 % der gesamten Einstrahlung von der festen und flüssigen Erdoberfläche an die Luft abgegeben, davon nach meiner obenstehenden Rechnung über $\frac{1}{2}$ (23 %) auf dem Umwege über verdunstendes Wasser und kondensierenden Dampf. Im einzelnen stellte sich die Rechnung so, daß über dem Meere die Wärmeabgabe ausschließlich auf diese Weise erfolgte (von 30 % deren 29,6 %), auf dem Lande zu $\frac{2}{5}$ (von 30 % deren 12).

Die Erwärmung der Luft wäre quantitativ, wie folgt, verursacht:

	Meer	Land	Ganze Erde
1. Direkte Absorption durch die Luft.....	20	20	20
2. Durch Verdunstung und Kondensation...	29—30	12	23
3. Durch Leitung.....	<1	18	7

(Alles in Prozent der gesamten Einstrahlung.)

Ich glaube — sage dies aber unter dem vorn gemachten Vorbehalt —, daß die Bedeutung der Verdunstung in dieser Hinsicht nicht genügend gewürdigt wird²⁾. Arrhenius z. B. drückt sich immerhin einigermaßen bedingt aus, wenn er sagt: „Den größten Teil der Wärme gibt wohl das Wasser in latenter Form als Wasserdampf ab“³⁾. Nur Trabert sagt bestimmt: „Die Abgabe von Wärme an die Luft findet hier“ (über dem Ozean) „nur in Form der Verdunstung statt“⁴⁾. Auch für die Landfläche erkennt er die Bedeutung der Wasserverdunstung an, schlägt sie indes eine Kleinigkeit geringer an als ich. Seine Berechnung, auf welche ich nachträglich aufmerksam wurde, geht einen anderen Weg als die meine; um so wertvoller ist die Übereinstimmung.

Da die latente Wärme des Wasserdampfes nur bei einer an Temperaturabfall geknüpften Kondensation wieder in Erscheinung tritt, wird sich ihre Wirkung auf die Wärmeökonomie des Luftmeeres primär nur in einer Verringerung der Temperaturabnahme bei Vorgängen, die eine solche hervorrufen, äußern können. Erst unter Mitwirkung vertikaler Luftzirkulation wird diese Dämpfung der Abkühlung zu einer wirklichen Temperaturerhöhung führen. Voraussetzung dafür ist, daß während des Steigens Kondensation eintritt, der absteigende Strom also weniger Dampf enthält als der aufsteigende. Diese Forderung ist auf Erden realisiert, wie eine einfache Überlegung einsehen läßt⁵⁾.

Bei der Wasserverdunstung spielt die Pflan-

zenwelt gleichfalls eine, freilich bescheidene Rolle. Nach F. Haberlandt darf man annehmen, daß $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der Niederschlagsmenge der Vegetation zugänglich sein kann. Nehme ich für den wirklichen Verbrauch $\frac{1}{4}$ und die jährliche Niederschlagsmenge der Landfläche zu $112 \times 10^3 \text{ km}^3 \text{ a}^{-1}$, so passieren $28 \times 10^{15} \text{ kg}$ Wasser den Pflanzkörper. Zu deren Verdampfung sind $0,016 \times 10^{21} \text{ Kal.}$ nötig oder $\frac{1}{20}$ der gesamten zur Wasserverdunstung aufgewandten Energie. Geht man vorsichtiger von $\frac{1}{4}$ aus, so sind die vorstehenden Resultate zu halbieren, wobei $\frac{1}{40}$ herauskommt. Die Pflanzen sind nicht nur Gefäße für das verdunstende Wasser, sondern sie entnehmen den größten Teil desselben dem Boden, entziehen ihn so dem Grundwasser und führen ihn der Atmosphäre zu. Ohne Pflanzendecke wäre demnach auf dem Lande die Verdunstung geringer, der Abfluß (Grundwasser) größer. Zahlen kann ich nicht nennen; denn ein unbekannter Teil des bei vegetabilischer Transpiration verdampfenden Wassers würde auch beim Fehlen der Vegetation der Verdunstung anheimfallen, da vielerorts alsdann die Sonne den heute beschatteten Boden trafe.

Das Verhältnis der zur pflanzlichen Transpiration verbrauchten Energie zum Assimilationsbedarf wäre nach meinen Anschlüssen — was ich unter kräftigstem Vorbehalt niederschreibe — etwa 100 : 1. Direkte Versuche von Brown ergaben für ein assimilationsfähiges Blatt beiläufig 50 : 1. Da die Transpiration des Nachts nicht stille steht, ist die Übereinstimmung befriedigend.

Unbedeutend erscheint der Assimilationszwecken dienende Anteil der Einstrahlung. Denn selbst wenn man sich auf die Landflächen beschränkt und allein die 40 % der Einstrahlung, die nach dem Seite 979 gegebenen Schema tatsächlich bis zur Erdoberfläche gelangen, in Rechnung setzt, werden nicht mehr als etwa 0,1 % zur Assimilation verwandt.

Als Akkumulatoren solarer Energie sind dagegen die grünen Pflanzen in der Gegenwart dem Wasserdampf fast gleichwertig beim Einbeziehen verflüssigter geologischer Perioden unbedingt überlegen. Nach Berechnungen von Meinardus²⁾ existiert ein Wasserteilchen im irdischen Kreislauf etwa 8 bis 9 Tage in Form von Dampf. Meinardus geht von den Verdunstungszahlen Brückners und Fritzsche aus; unter Berücksichtigung der seitdem von Lütgens angebrachten Verbesserungen berechnet sich die Dauer des Bestehens als Dampf auf 7 bis 8 Tage oder rund $\frac{1}{50}$ Jahr. Dieser Teil der jährlich zur Verdunstung aufgewandten Energie wäre also jeweils als latente Dampfwärme gespeichert. Das entspricht etwa $7 \times 10^{18} \text{ Kal.}$

Die simultan vorhandene organische Substanz der Pflanzen, ihrer Produkte usw. entspricht, wie

¹⁾ Die Zahlen des Schemas sind natürlich nicht mehr als grobe Näherungswerte. Trabert rechnet mit einer Solarkonstante von $2 \text{ cal. cm}^{-2} \text{ Min.}$

²⁾ Krümmel (Ozeanographie, II. Auflage, B. I [1907], S. 393) schreibt, daß in den warmen indischen Gewässern etwa die Hälfte der bei Tage zustrahlenden Sonnenwärme der Verdunstung diene.

³⁾ Arrhenius, Lehrbuch der kosmischen Physik (1903), S. 542.

⁴⁾ Trabert, l. c. S. 493.

⁵⁾ Für genauere Angaben wäre z. B. Trabert (l. c. S. 522) zu vergleichen.

¹⁾ Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde S. 159.

²⁾ Sitzungsberichte der medicin.-naturwiss. Ges. zu Münster 1908, S. 60.

ich früher auseinandergesetzt habe, in roher Schätzung 1100×10^{12} kg zerlegter Kohlensäure. Dies bedeutet eine Energiemenge von 3×10^{18} Kal. oder nahezu die Hälfte der im Dampf latenten Menge. Ich bitte, diese Angaben richtig zu lesen. Es mag sein, daß der Energiewert der Produkte vegetabilischer Herkunft von der gleichen Höhe ist wie der des Wasserdampfes auf Erden; es mag sein, daß jener nur $\frac{1}{4}$ oder noch etwas weniger von diesem beträgt; Unsicherheiten dieser Größe sind vorhanden. Hingegen kann nicht daran gezweifelt werden, daß beide Werte einander verhältnismäßig nahestehen, während der jährliche Energieaufwand für die Assimilation weniger als $\frac{1}{1000}$ dessen für Verdunstung beträgt. Der atmosphärische Wasserdampf ist eben verglichen mit der organischen Substanz kurzlebig.

Nimmt man die fossilen Ablagerungen hinzu, so neigt für die gespeicherten Energiemengen die Wage stark auf die Seite der Pflanzen. *Frech*¹⁾ beziffert die in abbauwürdigen Flözen oberhalb einer Tiefenstufe von 2000 m gelagerten Kohlenvorräte der Erde auf $7,3 \times 10^{12}$ t gleich $7,3 \times 10^{15}$ kg. Bei einer Verbrennungswärme von 5500 Kal. für 1 kg entspricht dies 42×10^{18} Kal. Im Hinblick auf in nicht abbauwürdigen Flözen und-unterhalb der genannten Tiefengrenze anzutreffende Kohle wird man diese Zahlen zu erhöhen, womöglich zu verdoppeln haben. Man käme dann bis zu 80×10^{18} Kal.

Anders ausgedrückt. Der Wasserdampf enthält die gesamte Einstrahlung zweier Tage (48 Stunden), die Pflanze und ihre Erzeugnisse (mit Ausschluß der Kohle) die eines (bis zweier) Tages, die Kohle die von 20—25 Tagen.

Die Leistung des fließenden Wassers erreicht $\frac{1}{4}$ (bis $\frac{1}{6}$, Plankton einbezogen) derjenigen der Vegetation. Alle weiteren Werte der Tabelle sind von geringerer Größenordnung. Doch läßt der Vergleich der Zahlen für assimilatorische Leistung und für Kohlenverbrennung die oft gepredigte Wahrheit, daß das heutige Geschlecht Raubbau schlimmster Art treibe, erkennen. Daß die ausnutzbaren Wasserkräfte, rein energetisch betrachtet, die verschwundene Kohle nicht oder doch nur bei günstigem Nutzeffekt (65 %)²), ersetzen können, ist gleichfalls offenkundig.

Damit glaube ich gezeigt zu haben, daß Aufstellungen wie die mitgeteilte unseren Einblick vertiefen und daher durchaus nicht als müßiges Spiel zu bewerten sind, wenn nur Kritik und Hinweise auf die Mängel nicht fehlen.

Der Einfluß der Umgebung auf die Zeichnung des Feuersalamanders.

Von B. Dürken, Göttingen.

Das Farbkleid von *Salamandra maculosa*, das aus schwarzen und gelben Flecken zusammen-

gesetzt ist, zeigt eine starke Variabilität. Daher lag von vornherein die Vermutung nahe, daß es von äußeren Faktoren, wechselnder Beschaffenheit beeinflusst und bestimmt werde.

Vor allem von *Kammerer*¹⁾ wurden in größerem Umfange Versuche angestellt, welche sich mit dieser Frage befaßten. Die von ihm mitgeteilten Ergebnisse sind kurz folgende:

Werden junge Feuersalamander auf schwarzer Erde gezogen, so werden sie im Laufe einiger Jahre durch Schwund der gelben Flecke extrem schwarz; umgekehrt tritt auf gelbem Lehm Boden eine starke Ausdehnung des Gelb ein. Salamander mit möglichst viel Schwarz und solche mit möglichst viel Gelb wurden so in das Gegenteil umgefärbt. Dabei spielt das Nervensystem insoweit eine Rolle, als beiderseits geblendete Tiere keine Reaktion auf das vom Boden reflektierte Licht zeigen. Denn dieses ist der eine wirksame Faktor; der andere damit kombinierte ist die Feuchtigkeit der Lehmerde bzw. die Trockenheit der schwarzen Gartenerde. Die Veränderungen werden auf die Nachkommen übertragen, auch wenn dieselben unter neutralen oder gar entgegengesetzten Bedingungen aufwachsen. Im Versuch erzielte stark gelbe gestreifte Salamander (*varietas taeniata*) lieferten mit der unregelmäßig gefleckten Naturrasse (*var. typica*) in der ersten Generation Zwischenformen, welche in den Nachkommen nicht nach den Mendelschen Regeln spalteten, während die Kreuzung der gestreiften und gefleckten Naturrasse in der ersten Generation nur gefleckte, in der zweiten Generation gefleckte und gestreifte Nachkommen entsprechend der Spaltungsregel lieferte. Danach würde sich die neu erworbene Eigenschaft im Erbwege anders verhalten als die alte.

Eine andere interessante Versuchsreihe *Kammerers* benutzte die Transplantation von Ovarien. Wird der Eierstock eines gefleckten Weibchens in ein aus den Versuchszuchten erhaltenes gestreiftes übertragen, so beeinflusst die neue somatische Umgebung die Eier derart, daß die Jungen eine Hinneigung zur gestreiften Varietät zeigen; beim Übertragen des Ovariums in die gestreifte Naturrasse fehlt eine solche Beeinflussung; also auch hier wieder ein Unterschied zwischen den Tieren mit „neuer“ und „alter“ Eigenschaft.

Die Ergebnisse *Kammerers* sind mehrfach angezweifelt worden. Voraussetzung für ihre Richtigkeit ist, daß das Farbkleid des Salamanders überhaupt von der Färbung der Umgebung beeinflusst wird. Bei der großen Tragweite, welche den Mitteilungen *Kammerers* zukommt, war eine Nachprüfung durchaus lohnend; neuestens hat *Herbst*²⁾ eine solche begonnen und die ersten Ergebnisse veröffentlicht. Wir werden sehen, daß

¹⁾ *Frech*, Die Kohlenvorräte der Welt, Stuttgart 1917.

²⁾ Vergl. den zweiten Absatz von Nr. 6 der Bemerkungen zur Tabelle (S. 977).

¹⁾ Literatur bei *Kammerer* in Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 36, 1913.

²⁾ Abhandl. d. Heidelberger Akad. d. Wissensch., Mathem.-naturw. Kl., 7. Abhandlung 1919.

sie nicht unwesentlich von den Mitteilungen *Kammerers* abweichen.

Herbst brachte bereits die jungen, eben abgesetzten Larven unter die Versuchsbedingungen, während *Kammerer* seine Versuche mit bereits verwandelten Tieren begann.

In einer ersten Versuchsreihe wurden die Larven in gelber oder schwarzer Umgebung aufgezogen, dadurch, daß sie in außen gelb bzw. schwarz lackierten Glaswannen gehalten wurden. Die verwandelten Tiere wurden in flacheren gelben oder schwarzen Schalen weiter gezüchtet, deren Boden stets von einer dünnen Wasserschicht bedeckt war, so daß die Tiere sich stets in feuchter Umgebung befanden.

Der erste Unterschied der Gelb- und Schwarzkulturen besteht darin, daß die Larven der ersten sehr bald bedeutend heller erscheinen als die der letzteren. Diese Erscheinung beruht auf dem bei den Salamanderlarven vorhandenen physiologischen Farbenwechsel. In heller Umgebung kontrahieren sich die schwarzen Pigmentzellen der Haut; vor allem dadurch ist der Unterschied der beiden Kulturen bedingt. Dieser Unterschied verwischt sich allerdings allmählich etwas, da in den Gelbzuchten das schwarze Pigment zunimmt, aber nach der Metamorphose sind die jungen Salamander aus gelber Umgebung deutlich gelber als solche aus schwarzer. Bei jenen haben die gelben Rückenflecke mehr als bei diesen die Neigung, in der Mittelregion der Länge und der Quere nach zu verschmelzen, so daß also bei jenen im allgemeinen größere gelbe Flecke vorhanden sind als bei diesen.

Eine zweite Versuchsreihe wirkte auf die Larven mit weißer oder dunkler Umgebung ein. Das Ergebnis war, daß die jungen Salamander aus den Weißzuchten mehr Gelb auf Rücken und Flanken aufweisen als diejenigen aus dunkler und vor allem aus schwarzer Umgebung. Die Weißzuchten stimmen im wesentlichen also mit den Gelbzuchten überein.

Ferner wurde geprüft die Wirkung verschiedener Lichtintensitäten, indem die Zuchten unter ungleich dichten Rauchgläsern gehalten wurden. Ein spezifischer Einfluß auf die Zeichnung der Larven und jungen Salamander ergab sich nicht. Dagegen übt die Lichtintensität eine deutliche Wirkung auf den Farbton des Gelb aus: in matter Beleuchtung und erst recht in völliger Dunkelheit werden die Flecke hell zitronengelb, während sie bei voller Tagesbeleuchtung einen orangefarbenen Ton bekommen.

Von besonderem Interesse im Hinblick auf die Ergebnisse *Kammerers* ist nun die Weiterzucht der Tiere in gelber, weißer und schwarzer Umgebung. Und da hat sich nun gezeigt, daß sowohl in den Gelb- und Weißzuchten als auch in den Schwarzzuchten eine allmähliche Reduktion des Gelb stattfindet, zugleich vor allem in den Schwarzkulturen eine Vermehrung des Gelb. Durch solche Reduktionen und Vermehrungen

geht das unregelmäßig gefleckte Jugendkleid aller Kulturen in das mehr regelmäßig gestreifte endgültige Kleid des erwachsenen Salamanders über, wobei zu erwähnen ist, daß die von *Herbst* benutzten Tiere der gestreiften Varietät *taeniata* angehörten. Es kommen darin also Vererbungstendenzen zum Ausdruck. Da diese Umfärbung der heranwachsenden Salamander in allen Zuchten vor sich geht und zu einem gleichartigen Ergebnis führt, so ist sie offenbar unabhängig von der Umwelt und einfach ein Teilprozeß der normalen Ontogenese.

Hervorzuheben ist aber, daß die aus gelber Umgebung stammenden Salamander im ganzen genommen doch gelber erscheinen als diejenigen aus den Schwarzzuchten. Dieses Mehr an Gelb ist aber nicht nach dem Larvenleben durch Einwirkung der Umgebung entstanden, sondern rührt bereits vom Larvenleben her.

Die hier nur in großen Zügen mitgeteilten Befunde *Herbsts* stehen vor allem folgendermaßen in Gegensatz zu denen *Kammerers*:

1. Nach dem Larvenleben findet keine Vermehrung der Zahl der gelben Flecke in gelber Umgebung statt, wie *Kammerer* berichtet, sondern sogar eine erhebliche Reduktion des Gelb und auf schwarzem Untergrund sogar eine Zunahme des Gelb mit gelegentlicher Entstehung neuer Flecke. Wie es kommt, daß die heranwachsenden Salamander der Gelbkulturen im ganzen gelber sind als die der Schwarzkulturen, wurde schon gesagt; auch darin ist eine Abweichung von *Kammerers* Befund gegeben.

2. In den Weißzuchten ist das gleiche Verhalten festzustellen wie in den Gelbzuchten; ein Ausbleichen der gelben Flecke bis fast zu Weiß, nach *Kammerers* Mitteilung, findet nicht statt. Die Intensitätsversuche haben sogar ergeben, daß bei heller Beleuchtung der Ton der gelben Flecke satter, mehr orangefarben, in matter Beleuchtung und Dunkelheit dagegen zitronengelb wird.

Sehen wir von weiteren spezielleren Gegenüberstellungen ab, so ist sicher, daß durch *Herbsts* Ergebnisse die Mitteilungen *Kammerers* gewiß keine neue Stütze erhalten, daß sie aber durch dieselben endgültig widerlegt werden, kann man wohl noch nicht ohne weiteres sagen. Zwar dürften manche Einzelheiten in *Kammerers* Mitteilungen unzutreffend sein, sei es, daß sie auf irrtümlicher Deutung eines Befundes, sei es, daß sie geradezu auf Beobachtungsfehlern beruhen; um aber eine genaue Kontrolle seines Hauptversuchsergebnisses zu haben, wäre doch die ganz übereinstimmende Wiederholung seiner Versuche erwünscht. Dieses Hauptergebnis besteht darin, daß der langjährige Aufenthalt erwachsener Salamander auf gelbem bzw. auf schwarzem Boden die Färbung der Tiere dem Untergrunde angleicht. Durch Einwirkung gelber bzw. schwarzer Umgebung auf die Larven hat *Herbst* zwar erreicht, daß die jungen Salamander je nachdem verhältnismäßig gelber bzw. weniger gelb sind;

auf die erwachsenen Salamander hat aber der Untergrund einen solchen Einfluß nicht mehr. Auch nach über dreijährigem Aufenthalt auf gelbem Untergrund konnte *Herbst* eine Zunahme des Gelb nicht feststellen, während nach *Kammerer* nach 4 Jahren eine starke Gelbzunahme eingetreten ist. Die größere Wahrscheinlichkeit spricht dafür, daß in *Herbsts* Versuchen auch weiterhin keine Gelbzunahme erfolgt. Es ist nun immerhin noch möglich, daß das ungleiche Ergebnis mit der ungleichen Versuchsanordnung und, was wichtiger ist, mit dem ungleichen Versuchsmaterial zusammenhängt. Diese Ungleichheit besteht nicht so sehr darin, daß *Herbst* nur die „gestreifte“ Varietät, *Kammerer* neben dieser in erster Linie die unregelmäßig gefleckte Varietät benutzte, als vielmehr darin, daß hier und dort das Material ganz verschiedener Herkunft war. *Kammerers* Salamander stammten aus der Umgebung von Wien, *Herbsts* Tiere aus der Umgebung Heidelbergs und Holzmindens. Es liegt nach Erfahrungen an anderen Tieren durchaus im Bereich der Möglichkeit, daß innerhalb derselben Art Lokalrassen bestehen, welche, ohne äußerlich unterscheidbar zu sein, entwicklungsphysiologisch ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen. Solche Lokalrassen gibt es z. B. beim braunen Grasfrosch (*Rana fusca* Rös.); die Frösche aus der Umgebung Göttingens verhalten sich entwicklungsphysiologisch durchaus anders als diejenigen aus der Umgebung Rostocks¹⁾. Eine gewisse Vorsicht ist also doch wohl am Platze und eine Wiederholung der Versuche *Kammerers* am identischen Material dringend erforderlich.

Um die erzielte Beeinflussung der Zeichnung der Larven und damit der jungen Salamander zu erklären, knüpft *Herbst* an einen Befund von *Babák*²⁾ an, welcher fand, daß bei Axolotllarven dauernde Expansion der Chromatophoren zu einer Vermehrung derselben führt, während dauernde Kontraktion derselben ihre Ausbildung hemmt. Da nun die Salamanderlarven einen physiologischen Farbwechsel zeigen, bei welchem in heller (gelber und weißer) Umgebung die schwarzen Chromatophoren kontrahiert, also in der Ausbildung und Vermehrung gehemmt werden, während die gelben Farbzellen expandiert sind und so die Vorbedingung für eine Vermehrung besitzen, so stehen die Ergebnisse ganz in Einklang mit *Babáks* Befund. In schwarzer Umgebung expandieren sich die schwarzen Chromatophoren, so daß von dem obigen Gesichtspunkt aus die stärkere Entwicklung des Schwarz unter diesen Bedingungen verständlich wird. Allerdings sind die hellen Chromatophoren auf schwarzem Untergrund meist nicht so stark kontrahiert als die schwarzen in heller Umgebung. Es scheint demnach die Vermehrung der hellen Chromatophoren noch von anderen Faktoren be-

einflußt zu werden als bloß von dem Expansionsgrad.

Sehr bemerkenswert ist auch noch folgendes Ergebnis: In gelber oder weißer Umgebung werden die gelben Flecken auf dem Rücken vergrößert; die gelben Farbzellen liegen im Bindegewebe, die schwarzen in der Epidermis; sollen die gelben Flecken sichtbar werden, so muß die Epidermis entpigmentiert werden. Würde in der normalen Entwicklung diese Entpigmentierung der Epidermis unabhängig von den gelben Flecken erfolgen, so müßten im Experimentalfalle die künstlich vergrößerten gelben Flecke zum Teil unter schwarzer Epidermis liegen. Das trifft aber niemals zu; also ist die Entpigmentierung abhängig von den gelben Flecken. Die gelben Flecke werden unter der pigmentierten Epidermis angelegt; diese letztere verliert dann allmählich ihr Pigment. Wir haben hier einen schönen Fall formativer Reizwirkung vor uns.

Den weiteren Ergebnissen der *Herbsts*chen Versuche wird man mit dem größten Interesse entgegensehen müssen.

Quecksilberdampfstrahlpumpen.

Von A. Gehrts, Berlin.

Seit langem sind die Wasserstrahlpumpen bekannt, die vermöge der an Wasserstrahlen bei Querschnittsänderung auftretenden Druckdifferenz ein Vakuum zwischen etwa 8 und 25 mm Quecksilbersäule, je nach der Temperatur und dem Dampfdruck des Wassers, erzeugen. (Dasselbe Prinzip findet Verwendung bei den Dampfstrahlaspiratoren und -injektoren, wie man sie zur Kesselspeisung benutzt.) Wegen der hohen Dampfspannung des Wassers kann man aber mit derartigen Vorrichtungen kein sehr hohes Vakuum erzielen, wie es für Glühlampen, Röntgenröhren usw. unbedingt erforderlich ist. Hier kommt für Pumpzwecke nur eine Substanz geringerer Dampfspannung, z. B. Quecksilber, in Frage. Im Jahre 1904 beobachtete *Alfred Magnus* als erster¹⁾, daß ein Quecksilberdampfstrahl, der aus einem engeren in ein weiteres Rohr achsial eintritt, eine Saugwirkung ausübt, wenn ein hinreichendes Vorvakuum in der Apparatur herrscht. In seiner 1905 erschienenen Dissertation gibt er eine ausführliche Beschreibung seiner Beobachtungen. Die Arbeit von *Magnus* wurde aber, da sie nur als Dissertation und nicht in einer Zeitschrift veröffentlicht wurde, nur einem kleinen Kreise bekannt und so blieb es dem Erfindertalente *Gaede* vorbehalten, hier bahnbrechend zu wirken.

Versuche über den Einfluß der Diffusion von Gasen auf das Evakuieren von Röhren führten *W. Gaede* im Jahre 1913 zur Konstruktion der *Diffusionsluftpumpe*, die den Anstoß zur

¹⁾ Vgl. *Dürken*, in *Biolog. Centralbl.* Bd. 37, 1917.

²⁾ *Arch. f. d. ges. Physiologie* Bd. 149, 1913.

¹⁾ Literatur am Schlusse des Aufsatzes.

weiteren Entwicklung der verschiedenen Quecksilberdampfstrahlpumpen gab. Die Wirkungsweise der Gaedeschen Diffusionsluftpumpe kann man sich am besten an Fig. 1 veranschaulichen.

von links nach rechts und Luft aus dem Rezipienten ihm entgegen von rechts nach links. In dem Rohr *AB* wird die Luft durch den Wasserdampfstrahl fortgeführt. Friert man den in

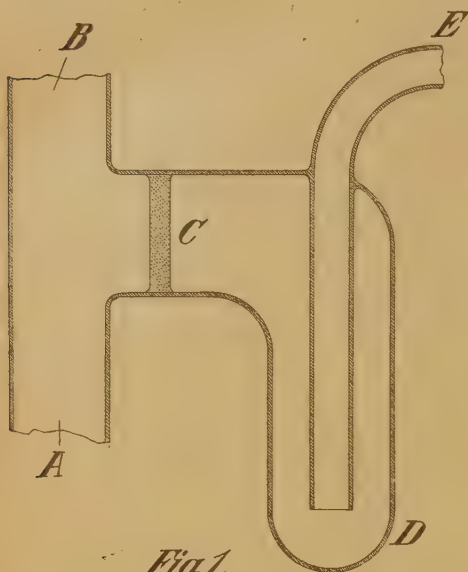


Fig. 1.

Zur Erläuterung der Wirkungsweise der Gaedeschen Diffusionspumpe.

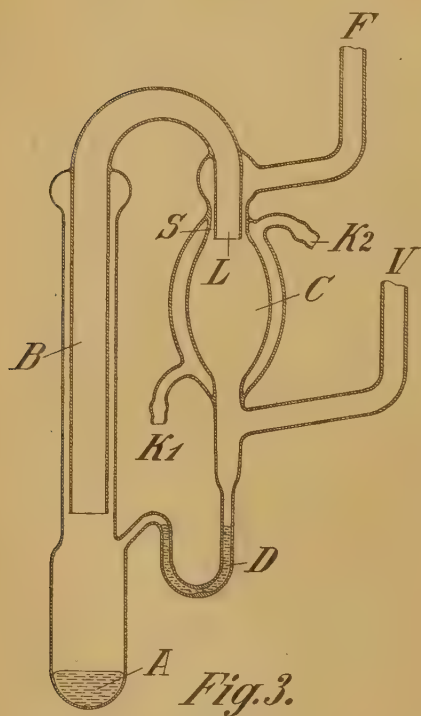


Fig. 3.

Quecksilberdampfstrahl-Kondensationspumpe von Langmuir.

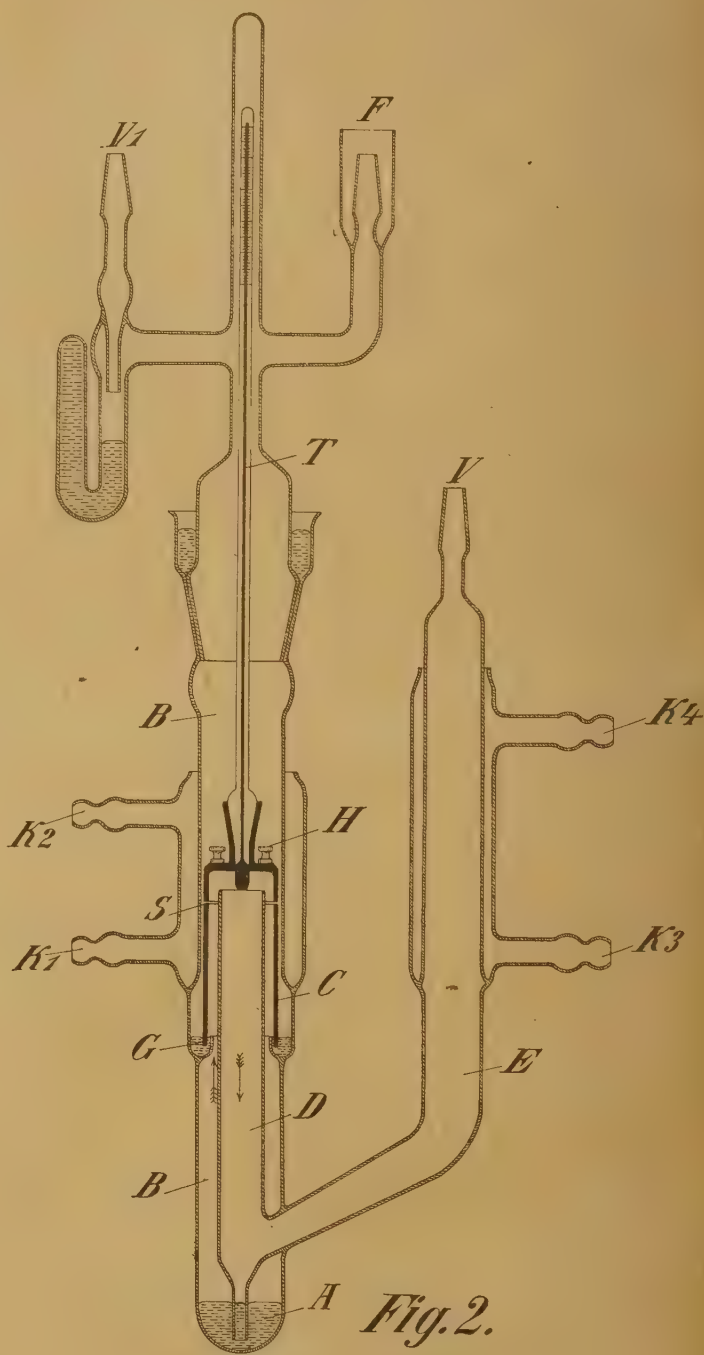


Fig. 2.

Quecksilberdampf-Diffusionspumpe von Gaede.

Durch das Rohr *AB* ströme ein Wasserdampfstrahl, *C* sei eine eingekittete Tonwand, der Rezipient werde bei *E* angeschlossen. Dann diffundiert durch die Tonwand *C* Wasserdampf

den Rezipienten hineindiffundierenden Wasserdampf aus, etwa durch Eintauchen der Gasfalle *D* in ein Gefäß mit flüssiger Luft, so entsteht im Rezipienten ein Vakuum. Mit einer derarti-

gen Vorrichtung unter Benutzung von Wasserstrahlpumpen erreichte *Gaede* Röntgenvakuum im Rezipienten.

Eine Tonwand stellt eine Reihe von Öffnungen dar, deren Dimensionen von der Größenordnung der mittleren freien Weglänge der Moleküle sind. In der endgültigen Konstruktion (Fig. 2) ersetzt *Gaede* diese Tonwand durch einen Stahlzylinder mit einem schmalen Spalt, dessen Weite er nahe gleich der mittleren freien Weglänge der Luftmoleküle im Quecksilberdampf des Spaltes macht. Dementsprechend verwendet er einen oder noch besser zwei kreisförmige Spalte von 0,04 mm Weite, die er mit Hilfe der bei *H* angedeuteten Schrauben bei dem Zusammenbauen der Pumpe auf eine hier nicht näher zu erörternde Weise sorgfältig einstellt. Die durch den Diffusionsspalt hindurch tretenden Quecksilbermoleküle entstammen einem in dem Rohre *B* in der Pfeilrichtung aufsteigenden Quecksilberdampfstrom, der in dem oberen Teile des Stahlzylinders *C* nach unten umgewandt und durch Rohr *D* dem durch den Kühler *K₃K₄* gekühlten Kondensor *E* zugeführt wird, wo er sich niederschlägt. Die Kondenströpfchen fallen von dort nach dem Behälter *A* zurück. Dieser Quecksilberdampfstrom sorgt in wirksamer Weise für den Abtransport der durch den Spalt hineindiffundierenden Luftmoleküle und gibt sie an das bei *V* angeschlossene Vorvakuum ab. Die durch den Spalt *S* ins Hochvakuum tretenden Quecksilbermoleküle werden an der durch den Kühler *K₁K₂* gekühlten Wandung von *D* niedergeschlagen und kehren über die Quecksilberrinne *G*, in der der Stahlzylinder *C* steht, nach *A* zurück. Bei *F* wird die Leitung zum Rezipienten angeschlossen. *V₁* ist das „Manometerventil“, durch das hindurch man das Vorvakuum in dem Rezipienten herstellt (anstatt durch den engen Diffusionsspalt) und dessen Quecksilber nachher den Rezipienten gegen die Vorvakuumpumpe abschließt.

Die Sauggeschwindigkeit *S* einer Pumpe definiert *Gaede* durch die Beziehung:

$$S = \frac{V}{t} \log \text{nat} \frac{p_1}{p_2},$$

wo *t* die Zeit ist, die die Pumpe braucht, um den Druck in einem Rezipienten vom Volumen *V* vom Werte *p₁* auf *p₂* zu reduzieren. Es liegt auf der Hand, daß die so definierte Sauggeschwindigkeit der Diffusionsluftpumpe von der Geschwindigkeit abhängt, mit der das Gas durch den Spalt diffundiert, und diese wird für eine gewisse Spaltweite ein Maximum sein. Ist der Schlitz zu weit, so wird der heraustretende Quecksilberdampfstrom zu mächtig werden, so daß die Gasmoleküle nicht merkbar durch ihn hindurchdiffundieren können. Nach der von *Gaede* entwickelten Theorie der Gegenströmung von Gas und Dampf durch eine enge Öffnung erhält man die beste Saugwirkung,

wenn die linearen Abmessungen der Spaltöffnung von der Größenordnung der freien Weglänge der Moleküle im Spalt sind und wenn der Quecksilberdampfdruck den Vorvakuumdruck nur wenig übersteigt. Beide Folgerungen der Theorie sind durch Versuche bestätigt. So wird die Sauggeschwindigkeit ein Maximum für eine Spaltweite von 0,12 mm und ein Vorvakuum von 0,1 mm mit einem Werte *S* = 80 cm/sec, wenn die Temperatur des Quecksilberdampfes am Spalt 99° C (entsprechend 0,27 mm Druck) beträgt. Eine Erhöhung bzw. Erniedrigung der Temperatur um 10° bedingt eine Abnahme der Sauggeschwindigkeit auf etwa den halben Maximalwert. Die starke Abhängigkeit der Wirksamkeit von der Temperatur des Quecksilberdampfes ist für die Diffusionsluftpumpe charakteristisch. Sie erschwert das Arbeiten mit der Pumpe, indem sie eine dauernde Kontrolle des Thermometers *T* erforderlich macht.

Die große Überlegenheit der Diffusionsluftpumpe über alle bis dahin bekannten Pumpen liegt — abgesehen von dem Vorteil, daß sie keine rotierenden Teile benutzt — vor allem darin, daß die Sauggeschwindigkeit auch bei den niedrigsten Drucken konstant bleibt. Während sowohl die Molekularluftpumpe (hier ist das Endvakuum durch ein bestimmtes Verhältnis zum Vorvakuum begrenzt) wie auch die rotierende *Gaede*-Quecksilberpumpe ein Grenzvakuum erreichen, über das sie nicht hinauskommen, kennt die Diffusionsluftpumpe keinen Grenzwert. Bei ihr ist das im Rezipienten erreichbare Endvakuum nur von den Bedingungen im Rezipienten (Gasabgabe von Metallteilen oder der Glaswandung) und in der Zuleitung (Rohrdurchmesser) abhängig. Dieser enorme Vorteil der Diffusionsluftpumpe ist in erster Linie in dem wirksamen Abtransport der Gasmoleküle durch den Quecksilberdampfstrom begründet, während die naturgemäße Langsamkeit des Diffusionsvorganges durch den engen Spalt hindurch die relativ geringe Sauggeschwindigkeit *S* = 80 cm/sec bedingt. Infolge des engen Spaltes ist es auch nicht ratsam, das Vorvakuum im Rezipienten durch den Spalt hindurch herzustellen, sondern zweckmäßiger, das Manometerventil *V₁* hierfür zu benutzen. Die Diffusionsluftpumpe saugt wie alle Quecksilberdampfstrahlpumpen sämtliche Gase und Dämpfe mit Ausnahme des Quecksilberdampfes, wie ohne weiteres verständlich, ab. Um auch den Quecksilberdampf im Hochvakuum zu beseitigen, schaltet man eine in flüssiger Luft gekühlte Gasfalle vor dem Rezipienten ein.

Angeregt durch die Veröffentlichung von *Gaede* über die Diffusionsluftpumpe überlegte sich *J. Langmuir*, ob es nicht möglich sei, den langsamen Diffusionsvorgang durch einen Vorgang zu ersetzen, der dem Quecksilberdampfstrom schneller die Gasmoleküle zuführte. Natürlich mußte der höchst wirksame Abtransport

der Gasmoleküle durch den Dampfstrom (der zweite Teil des Pumpvorganges der Diffusionsluftpumpe) beibehalten werden. *Langmuir* dachte zunächst an die Verwendung des sogenannten Bernoulli-Effektes, die durch eine hohe Strahlgeschwindigkeit gemäß den hydrodynamischen Gesetzen bedingte Druckerniedrigung, wie sie in den Dampfstrahlejektoren verwendet wird. Die Versuche ergaben jedoch, daß ein aus einer Öffnung in Luft von Atmosphärendruck austretender Dampfstrahl höchst wirksam ist, daß er aber seine Saugkraft vollkommen verliert, wenn er in ein Vorvakuum von 0,1—0,01 mm Quecksilbersäule eintritt. Der Grund hierfür ist in folgender Erscheinung zu suchen:

Es trete ein Dampfstrahl aus einem geraden engeren Rohr in ein weiteres Rohr ein; der ringförmige Raum zwischen den beiden Rohren stehe mit dem Rezipienten in Verbindung. Tritt der Dampfstrahl aus dem engeren Rohr in Luft von Atmosphärendruck, so hat er — wie allgemein bekannt — infolge der Trägheit die Tendenz, den Strahlcharakter beizubehalten. Der Strahl setzt sich auf eine beträchtliche Strecke von der Austrittsstelle aus fast geradlinig fort, ehe er sich in größerem Maße mit der ihn umgebenden Luft mischt. Anders wenn der Strahl in ein Vakuum von 0,1—0,01 mm Quecksilbersäule eintritt. Infolge des jetzt überwiegenden Einflusses der Reibung an der Wandung des Austrittsrohres weisen die Moleküle des Dampfstrahles erhebliche Komponenten senkrecht zur Austrittsrichtung auf. Der Strahl breitet sich sofort büschelförmig aus und trifft sehr bald auf die Wandung des weiteren Rohres. An der Wandung des weiteren Rohres kondensieren sich die Dampfmo-
leküle. Die dabei frei werdende Kondenswärme führt zu einer Wiederverdampfung der kondensierten Moleküle, die nun nach dem Cosinusetz von der Wandung ausgestrahlt werden und z. T. auch in den ringförmigen Raum zwischen den beiden Rohren gelangen. Dort hindern sie die Gasmoleküle an dem Eintritt in den Dampfstrahl. Auf diese Weise erklärt sich einfach — Versuche bestätigten diese Anschauungen — das Versagen eines in ein Vorvakuum eintretenden Dampfstrahles für Pumpzwecke.

Gleichzeitig gibt diese Anschauung auch ein Mittel an die Hand, dies Versagen zu beheben. Man braucht ja nur für eine schnelle Abfuhr der Kondenswärme durch starke Wasserkühlung der Wandung zu sorgen. Auch erscheint es vorteilhaft, daß die Dampfmo-
leküle unter möglichst spitzem Winkel auf die Wandung des weiteren Rohres treffen. Auf der Wanderung von der Austrittsstelle aus dem engeren Rohr zur Wandung des weiteren Rohres stoßen dann die Dampfmo-
leküle mit den durch den ringförmigen Raum aus dem Rezipienten austretenden Gasmolekülen zusammen und erteilen ihnen eine Geschwindigkeitskomponente in Richtung vom Re-

zipienten weg. Die Gasmoleküle werden so gegen die Wandung des weiteren Rohres gepreßt, und durch das Bombardement der nachfolgenden Dampfmo-
leküle an dieser entlang ins Vorvakuum getrieben. Je größer der Druck im Vorvakuum ist, desto größer muß also die Dampfdichte im Strahl sein, um die Austreibarbeit zu leisten.

Diese Gesichtspunkte führten *Langmuir* zur Konstruktion einer Pumpe, der er, wegen der Bedeutung des Kondensationsvorganges, den Namen „Kondensationspumpe“ gegeben hat. Nach mehreren Verbesserungen hat *Langmuir* (1916) schließlich der Kondensationspumpe im wesentlichen die in Fig. 3 skizzierte Gestalt gegeben. Das bei *A* siedende Quecksilber gibt einen Dampfstrom ab, der durch das Rohr *B* zur Austrittsstelle *L* geleitet und an der Wandung des Kondensers *C* kondensiert wird. Bei *F* ist der Rezipient, bei *V* das Vorvakuum angeschlossen. Das Kondensquecksilber kehrt durch *D* nach *A* zurück.

Die Kondensationspumpe hat eine Sauggeschwindigkeit, die mit zunehmender Größe der Pumpe wächst und sich für Luft auf 1500 bis 3000 ccm/sec beläuft. Sie bietet durch die räumliche Trennung des Siedegefäßes vom Kondenser die Möglichkeit einer leicht auszuführenden Reparatur, was für die Praxis von hoher Bedeutung ist. Im Gegensatz zur Diffusionsluftpumpe weist sie keine kritische Temperatureinstellung des siedenden Quecksilbers auf. Die Sauggeschwindigkeit bleibt praktisch konstant, wenn man die dem Quecksilber zugeführte Heizenergie beträchtlich, z. B. auf das Doppelte steigert. Die Pumpe fängt dann schon bei etwas höherem Vorvakuumdruck zu arbeiten an. Die Kondensationspumpe erfordert ein Vorvakuum von ca. 0,05 mm bis 0,5 mm Quecksilbersäule, je nach der dem Quecksilber zugeführten Heizenergie. Für den Spalt wird eine Weite zwischen etwa 0,5 mm und 2 mm verwandt. Zweckmäßig schaltet man in das Vorvakuum ein größeres Puffervolumen ein, um die Vorpumpe nicht dauernd laufen zu lassen.

Die eminenten Vorteile der Kondensationspumpe haben naturgemäß zu verschiedenen Änderungs- und Verbesserungsvorschlägen angeregt, über die das am Ende angefügte Literaturverzeichnis Aufschluß gibt. Zum Teil zielen diese Änderungsvorschläge auf Erleichterung und Vereinfachung der Glasbläserarbeit ab, zum Teil auch darauf, Pumpen zu konstruieren, die schon mit der Wasserstrahlpumpe als Vorvakuumpumpe arbeiten. Die Kondensationspumpe ist ferner auch mit gutem Erfolg aus Metall hergestellt worden.

Während *Langmuir* sich den größeren Teil des aus einem zylindrischen Rohr ins Vorvakuum eintretenden und sich büschelförmig ausbreitenden Dampfstrahles durch starke Kondensationswirkung und durch passende Formgebung des Kondensraumes für Pumpzwecke nutzbar macht,

verwendet W. Crawford bei der Konstruktion seiner Parallelstrahlpumpe (Fig. 4) gewisse Erfahrungen des Dampfturbinenbaues.

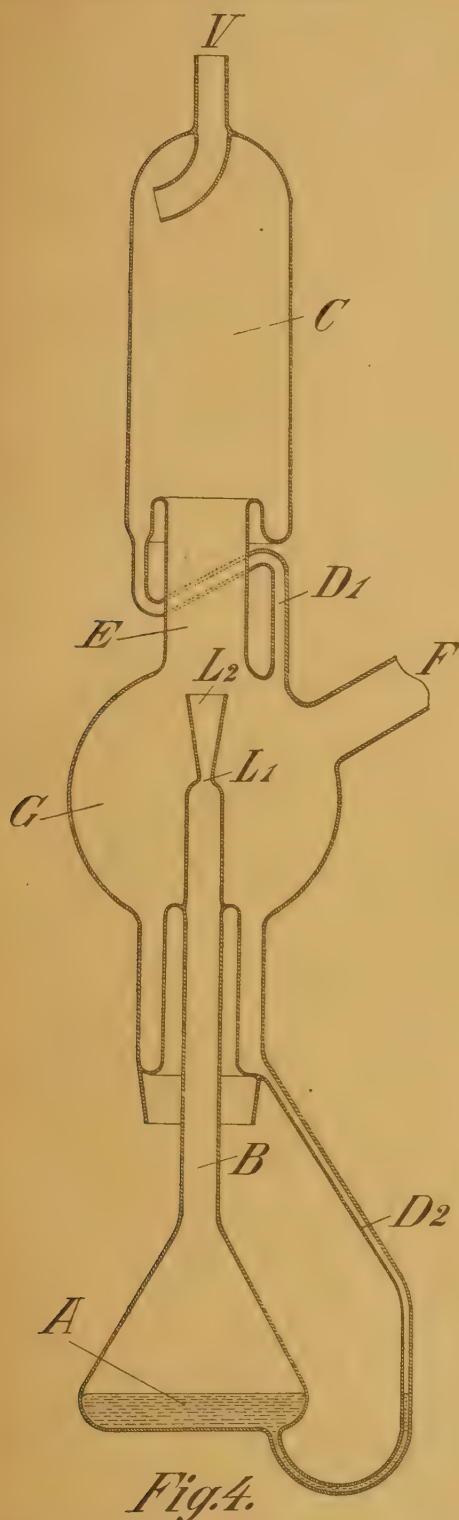


Fig. 4.

Quecksilberdampf-Kondensationspumpe von Crawford.
(Parallelstrahlpumpe.)

Versuche an Düsen von Dampfturbinen haben gezeigt, daß zylindrische oder nach der Mündung

zu *könvergierende* Düsen nur eine Expansion des Hochdruckdampfes auf höchstens 57,7 % des Anfangswertes zulassen. Nun kommt es bei den Geschwindigkeitsturbinen nach Art der Lavalturbinen wesentlich darauf an, die Spannung des Dampfes möglichst verlustlos in Geschwindigkeit umzusetzen. Nach einer Entdeckung von *de Laval* kann man eine vollkommene Expansion des Dampfes auf Atmosphärendruck oder, wenn Kondensationsbetrieb vorliegt, auch darunter, auf die Kondensatorspannung erreichen, wenn man den Dampf durch eine sich angemessen *erweiternde* Düse ausströmen läßt. Bei guter Ausführung der Düse dürfen weder Verdichtungs Vorgänge innerhalb der Düse (zu enge Düse) noch Schwingungsvorgänge im austretenden Strahl (zu weite Düse) vorhanden sein; als einzige Verlustquelle darf nur die Wandreibung in Betracht kommen. Die Konizität der Düse ist richtig, wenn die Düse von dem sich expandierenden Dampf gerade ausgefüllt ist. Praktisch wählt man den Düsenwinkel mit Rücksicht auf die Wandreibung etwas größer. Bei einer solchen Düse ist die Mündungsfläche eine Fläche konstanten Druckes und der Strahl wird ein sogenannter Parallelstrahl, d. h. alle Teilchen des Strahles haben nahe gleiche und gleichgerichtete Geschwindigkeit.

Will man einen Quecksilberdampfstrahl zur Erzielung einer hohen Luftleere verwenden, so müssen die Quecksilbermoleküle in ihm gleiche und gleichgerichtete Geschwindigkeiten aufweisen. Die Geschwindigkeitskomponenten transversal zum Strahl müssen verschwinden. Ein Gasmolekül, das sich mit dem Strahl bewegt, wird dann leicht in ihn eindringen können, während ihm der Wiederaustritt infolge der dabei stattfindenden zahlreichen Zusammenstöße fast zur Unmöglichkeit wird. Nur ein „Parallelstrahl“ läßt sich also zum Evakuieren verwenden. Hierauf beruht die Parallelstrahlpumpe von Crawford (Nov. 1917).

Das bei A (Fig. 4) lebhaft siedende Quecksilber gibt Dampf ab, der durch die konisch nach außen divergierende Düse L_1L_2 , die nach Art der Lavaldüsen konstruiert ist, austritt. Der engste Querschnitt L_1 ist maßgebend für die hindurchtretende Quecksilberdampfmenge. Das Verhältnis L_1 zu L_2 wird durch den Betrag der Expansion bestimmt. Mißt z. B. der Druck im Siedegefäß 18 mm und der im Vorvakuum 0,1 mm, so beläuft sich das Verhältnis der Querschnitte L_2 zu L_1 auf etwa 30. Nach dem Austritt aus der Mündungsöffnung L_2 passiert der Dampf das Rohr E und wird in dem luftgekühlten Kondenser C kondensiert; die Kondensatropfen kehren durch D_1D_2 nach A zurück. Eine Kühlung des Dampfleitungsrohres E ist nicht erforderlich, ja selbst eine zusätzliche Erwärmung, die jede Kondensation an der Wandung von E verhindert, stört die Wirkung der Pumpe nicht. Ein Spalt wie bei Gaede und

Langmuir ist nicht erforderlich. Der bei *F* angeschlossene Rezipient kommuniziert durch die Kugel *G* hindurch mit dem Dampfstrahl. Die Vorvakuumpumpe wird bei *V* angeschlossen. Die Pumpe saugt sämtliche Gase und Dämpfe ab. Da die Mündungsfläche nicht ganz eine Fläche von konstantem Drucke ist, sondern die Fläche $p = p_v$ (p_v Druck im Vorvakuum) etwas nach außen konvex die Mündungsfläche überwölbt, so dringen, ohne die Pumpwirkung merkbar zu schädigen, geringe Mengen Quecksilberdampf nach *G* und kondensieren sich dort.

Charakteristisch für die Parallelstrahlpumpe ist vor allem das Fehlen eines Spaltes und das Fehlen von kondensierenden Oberflächen; die Pumpe ist ausschließlich luftgekühlt. Da durch den Querschnitt der Düsenmündung der Betrag der Expansion festgelegt ist, muß die Saugwirkung der Pumpe vom Druck, d. h. von der Temperatur des Quecksilbers im Siedegefäß abhängen. Tatsächlich zeigt die Parallelstrahlpumpe ein wenn auch nicht sehr spitzes Maximum in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Sauggeschwindigkeit ist nahe dieselbe wie die der Kondensationspumpe, deren Hauptvorteile ihr gegenüber die Temperaturunabhängigkeit und die leichte Herstellbarkeit sind.

Seit Juli 1917 bringt die Fa. Leybold's Nachflg., Köln, eine Neukonstruktion der Gaedeschen Diffusionsluftpumpe auf den Markt, die in Fig. 5 schematisch dargestellt ist und die man wohl zweckmäßiger als Kondensationspumpe bezeichnet. Jedenfalls trägt sie alle Kennzeichen einer solchen: die hohe Sauggeschwindigkeit $S = 2000 - 3000$ ccm/sec, das Vorhandensein stark wirkender Kondensflächen (Kondenser *C* und luftgekühlte obere Wandung von *B*), beträchtliche Unabhängigkeit von der Temperatur des Quecksilbers *A* im Siederohr sowie weiter Spalt (0,5 bis 2 mm). Der Quecksilberdampfstrom steigt an der Wandung von *B* entlang aufwärts, nimmt bei *S* die Gasmoleküle mit und treibt sie am Kondenser *C* entlang in das Vorvakuum hinein. Bei *V* ist die Vorpumpe, bei *F* der Rezipient angeschlossen. Das Kondensquecksilber kehrt größtenteils durch den Spalt *S* und das Rohr *D* nach *A* zurück.

Wie Versuche ergaben, wird die Wirksamkeit der Pumpe durch diese Rückführung des Kondensquecksilbers durch *S* und *D* nach *A* bei stärkerer Erhitzung des Quecksilbers *A* gestört. Einmal dürften die im Dampfstrahl in der Höhe etwas über *S* schwebenden Kondenströpfchen wie auch der seitliche Anschluß zum Rezipienten auf die freie Entwicklung des Dampfstrahles störend wirken und damit die Gasabgabe bei *S* an den Dampfstrahl erschweren, und andererseits gibt die in *D* befindliche freie heiße Quecksilberoberfläche Dämpfe direkt ins Hochvakuum ab, zu deren Kondensation bei stärkerer Erhitzung des Quecksilbers *A* der ins Hochvakuum ragende Kühlansatz *E* nicht mehr ausreicht. Daraus er-

klärt sich das Versagen der Pumpe bei zu starker Erhitzung und die nur begrenzte Temperaturunabhängigkeit.

Alle bisher beschriebenen Quecksilberdampfstrahlpumpen leiden unter der unvollkommenen

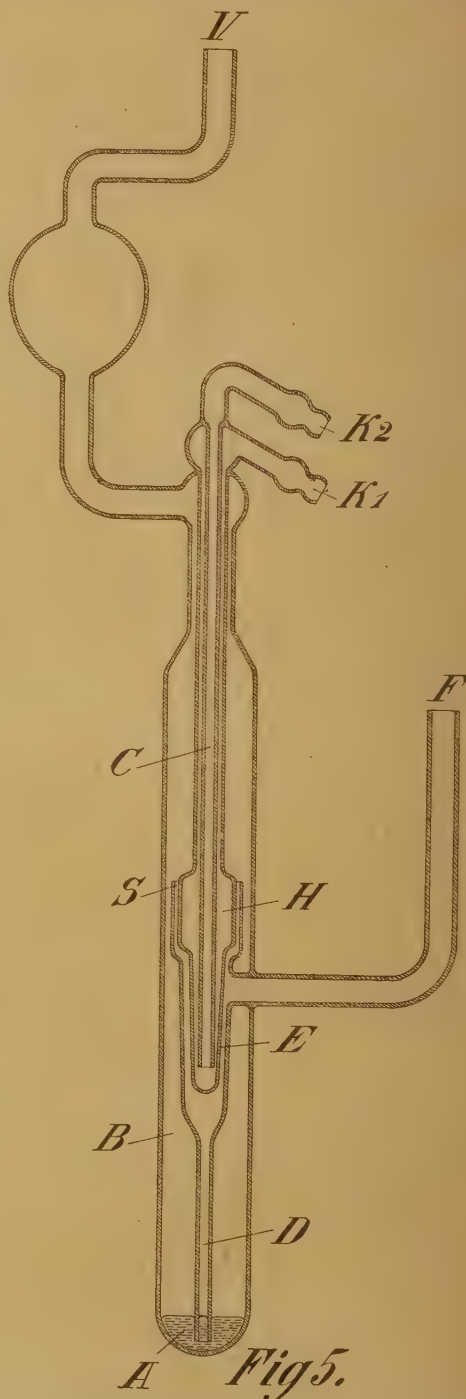


Fig 5.
Quecksilberdampf-Kondensationspumpe von Gaede.

Heizung. Gemeinhin verwendet man zum Erhitzen des Quecksilbers im Siedegefäß Bunsenbrenner oder elektrische Öfen. Letztere haben den Nachteil einer gewissen Trägheit, bei erste-

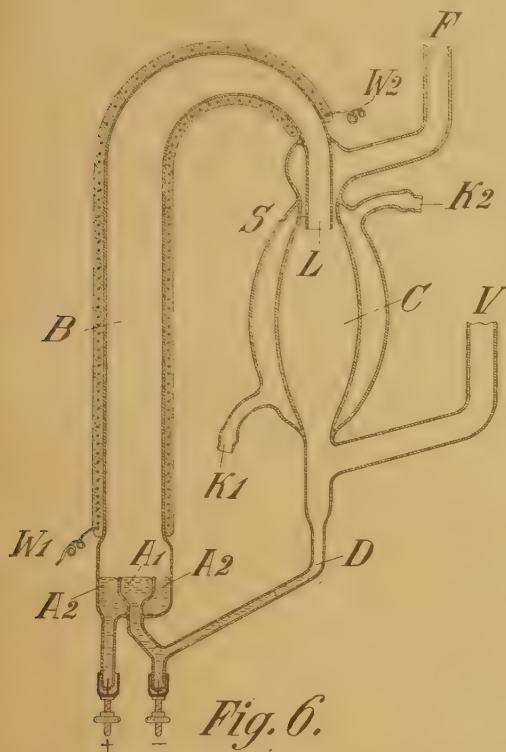
ren tritt leicht ein Springen der Glaswand ein. Bei beiden Heizarten gelangt jedenfalls bei einem Springen des Glases, womit man immer gelegentlich rechnen muß, Quecksilber auf stark erhitzte Teile und verdampft dann in den Arbeitsraum. Dieses gesundheitsschädliche Verdampfen wird vermieden, wenn man den Quecksilberlichtbogen als Quecksilberdampfstrahlpumpen verwendet. Die erwähnte Idee ist m. E. zuerst von Jones & Russell (Sept. 1917) praktisch ausgeführt, ohne daß sie jedoch über das Stadium eines Versuches wesentlich hinausgekommen sind. In neuerer Zeit ist der Gedanke von der Siemens

einen stetigen Lichtbogen zu erhalten, ist die Innenelektrode A_1 als Kathode gewählt und wird ihr das Kondensquecksilber durch D wieder zugeführt. Da der durch den Lichtbogen erzeugte Quecksilberdampfstrom viel dichter ist, als man ihn unter den üblichen Heizbedingungen erhält, so muß man auf hinreichend große Kondensflächen in C Wert legen. Dies bedingt wiederum eine Verlängerung des Dampfleitungsrohres B . Um in dem Dampfleitungsrohr B durch vorzeitige Kondensation keine Verluste zu erleiden, ist auf B , das durch Asbest thermisch isoliert ist, ein Teil des Vorschaltwiderstandes angebracht, dessen Wärme dadurch gleichzeitig nützlich verwendet wird. Der Lichtbogen selbst erfordert eine Klemmenspannung von etwa 15 Volt und eine Stromstärke von etwa 3 Amp., die man auf Wunsch auf 5 Amp. und mehr steigern kann. Außer ihrer gedungenen Form hat die Pumpe noch den Vorteil, daß sie fast sofort nach dem Zünden des Lichtbogens arbeitet. Die Sauggeschwindigkeit ist von derselben Größenordnung wie die der Langmuir-Kondensationspumpe.

Aus den mitgeteilten Daten erkennt man leicht, daß die Quecksilberdampfstrahlpumpe zu einer unentbehrlichen Apparatur für Hochvakuumarbeiten geworden ist. Ihre gedrungene Form und ihre bequeme Handhabung im Betriebe sichern ihr weiteste Verbreitung und Anwendbarkeit. Nicht zum geringsten Teile verdanken die modernen Hochvakuumverstärker- und -senderöhren ihr die erreichte Vollkommenheit.

Literatur.

1. Alfred Magnus: Dissertation. München 1905. Chem. Ber. 52, p. 1194, Juni 1919.
2. W. Gacde: D. R. P.: 286 404 Kl. 27 b vom 25. 9. 1913. Ann. d. Phys. 46, p. 357—392, 1915.
3. J. Langmuir: Engl. Patent 105 357 vom 10. 3. 1916. Journal of the Franklin Institute, Vol 182, p. 719—743, 1916. Phys. Rev. Bd. 8, p. 48—51, Juli 1916. Gen. El. Rev. Bd. 19, p. 1060—1071, Dez. 1916. Electrician Bd. 79, p. 579—580, 13. Juli 1917.
4. H. B. Williams: Phys. Rev. Bd. 7, p. 583, 1916.
5. Ch. T. Knipp: Phys. Rev. Bd. 9, p. 311—313, April 1917.
6. W. C. Baker: Phys. Rev. Bd. 10, p. 642—644, Dez. 1917.
7. Ch. A. Kraus: Journ. Amer. Chem. Soc. Bd. 39, p. 2183—2186, 1917.
8. M. Volmer: Chem. Ber. Bd. 52, p. 804—809, 1919. D. R. P. Anm. V 14 183 I 27 d vom 8. 5. 1918.
9. Gleichrichter A. G. Glarus: G. M. 706 695, 27 d vom 19. 10. 1917.
10. W. Crawford: Phys. Rev., Bd. 10, p. 557—563, Nov. 1917.
11. L. T. Jones und H. O. Russel: Phys. Rev., Bd. 10, p. 301—304, Sept. 1917.



Quecksilberdampfstrahl-Kondensationspumpe mit Quecksilberlichtbogenheizung von Siemens & Halske.

& Halske A.-G., Wernerwerk, wieder aufgegriffen und zur Konstruktion einer Quecksilberlichtbogenpumpe verwendet. Um die konstruktive Durchbildung dieser Pumpe hat sich Herr P. Scholz, K-Glasbläserei, verdient gemacht.

Fig. 6 gibt eine schematische Darstellung einer nach diesem Prinzip gebauten Pumpe¹⁾. Die Pumpe stellt in den Grundzügen eine Vereinigung der Kondensationspumpe (Fig. 3) mit einer Pérot-Fabry-Lampe dar. Durch geringes Erschüttern der Pumpe wird der Lichtbogen zwischen A_1 und dem ihn umgebenden Quecksilberring A_2 gezündet. Infolge der starken Erwärmung durch das Kathodenbüschel verdampft im wesentlichen nur Quecksilber aus A_1 . Um

¹⁾ S. & H. Wernerwerk, Abtlg. K. liefert auf Wunsch derartige Pumpen. (D. R. P. angem.)

Eine neue Darstellung der Entstehung und Ausbreitung der Alchemie¹⁾.

Von Karl Sudhoff, Leipzig.

Wer wie ich an *Joh. Friedr. Gmelins* dreibändiger Geschichte der Chemie, an *Wiegleb und Kortum*, an *Karl Christoph Schmieders* Geschichte der Alchemie, an *Hermann Kopp's* Geschichte der Chemie in vier Meisterbänden und dessen ewig gedankenswürdigem „Beiträgen zur Geschichte der Chemie“ in die Alchemie, soweit er ihrer zum Verständnis der Medizin der Vor-Renaissance und Renaissance bedurfte, hineingewachsen ist und danach fast gleichzeitig *Hermann Kopp's* kulturgeschichtliche Darstellung der „Alchemie in älterer und neuerer Zeit“ und *Marcellin Berthelot's* „Origines de l'Alchimie“ samt dessen drei Bänden der „Collection des anciens Alchimistes grec“ und deren Introduction sowie der *Chimie au moyen âge* (syrisch, arabisch) gleichfalls in drei Quartanten stark auf sich wirken lassen durfte und nebenbei des guten Leitfadens *Ernst von Meyers* sich erfreuen durfte, dem hat sich namentlich an den beiden grundverschiedenen und doch bedeutenden Persönlichkeiten von *Kopp* und *Berthelot* die Alchemie gleichsam zum eigenen historischen Erlebnis gestaltet. *Kopp*, der unübertrefflich Gründliche und an Ergebnissen Reiche, dem es an gestalten-der Kombinatorik wohl etwas gebricht, und der in seiner Weise gründlich in die Tiefe schürfende ideenreiche Gestalter, der schließlich nur immer sich selbst und seine Arbeit sieht und wie sich der Stoff in ihr spiegelt — *Berthelot* —, zwei Meister, denen doch nicht alles gelang, wie keinem von uns!

Ihnen gegenüber, deren Ergebnisse nun auch schon ein Vierteljahrhundert fertig vor uns liegen und denen *Georg W. A. Kahlbaum* in einzelnen Gedankenaufzeichnungen schon manchen Fortschritt beifügend hat zuwachsen lassen, der künstlerisch ausgestaltet zweifellos noch ein gewaltiger geworden wäre, wenn der bedeutende Forscher so früh nicht von seiner Arbeit abberufen worden wäre — Ihnen gegenüber habe ich beim Studium mancher der trefflichen Einzelarbeiten *Edmund von Lippmann's*, wie sie schon in zwei stattlichen Bänden gesammelt uns vorliegen, des öfteren gefragt: wie wertvoll wäre es für uns, wenn wir aus *E. von Lippmann's* Feder einmal eine zusammenhängende Darstellung der Geschichte der Chemie oder auch nur ihres interessanten Teilgebietes, der Alchemie, der Goldmacherkunst besitzen könnten! Trotzdem überraschte mich vor Jahresfrist die Nachricht, daß von ihm, wie er mir selbst mitteilte, demnächst ein Werk über Herkommen und Weiterentwicklung der Metallverwandlungslehre erwartet werden dürfe. Hochgespannt, fast ungedul-

dig waren meine Erwartungen, aber ich muß von vornherein sagen, je tiefer ich in das Buch hindrang, um so mehr wurden sie befriedigt, ja übertroffen. Mit voller Genugtuung ob der hochbeachtenswerten Leistung und in vielem durch neue Aufschlüsse bereichert, auf unbeachtete Zusammenhänge hingewiesen und neugewonnener Klarheit froh, legte ich schließlich das wertvolle Werk aus der Hand — meine hohe Achtung vor dem begabten und unermüdlichen Forscher, Gelehrten und Geschichtsschreiber war noch ganz wesentlich gewachsen.

von *L.* hat sich nirgend die Mühe verdrießen lassen, sich in Nachbargebiete, im weitesten Sinne gesprochen, gründlich einzuarbeiten und aus allen neue Aufklärungsschätze für sein eigentliches Arbeitsgebiet heranzubringen. Namentlich fruchtbar erwiesen hat sich die zusammenschließende Durcharbeitung des benachbarten Herrschensgebietes eines fast noch folgenreicheren Menschheitsirrtums, an den ebenso reiche, wenn nicht noch größere Denkarbeit und beobachtende Forschung verbraucht, ja vertan wurde, des Gebietes des Sternenwahnens, der Astrologie. Aber auch die strengere, wenngleich nicht weniger hochfliegende, doch vielseitigere allgemeine Naturphilosophie ist nirgends übersehen worden, ja sie hat in der Zeit erfolgreichsten Zusammenwohnens mit ihr, in den Tagen der frühen und der Hochblüte des Hellenentums und des Hellenismus die schönsten Früchte gerade zum Verständnis der Entstehung und der Ausbildung der Metallverwandlungsgedanken aus der Technik des Fälschens und Legierens der Metalle und Edelsteine usw. gezeitigt.

Viel des Neuen und Wichtigen bringen zur Vorgeschichte der Alchemie der Leidener und Stockholmer Papyrus in der vortrefflichen Untersuchung von *Lippmann's*. Der Stockholmer wird hier zum ersten Male nach seiner philologischen Publikation durch *Lagercrantz* (1913) von fachhistorischer Seite aufgearbeitet und erschlossen. Beide Papyri streben ganz offen die Nachahmung und Verfälschung der Edelmetalle, Edelsteine und Perlen an. Als Autor wird in beiden schon der interessante, frühalchemistische falsche *Demokrit* genannt, dessen Kunststücke mit dem großen Abderiten nichts zu tun haben. Von *Lippmann* untersucht die pseudodemokritischen Schriften zur Frühchemie genau und schließt daran die ganze Reihe der hellenistischen Schriften, echten und untergeschobenen, der alchemistischen Literatur von den anonymen Syrern zu den alexandrinischen und byzantinischen Autoren an, damit dem Leser den ersten Einblick in dieses rund über tausend Jahre sich erstreckende Schriftwerk gestattend, das bis ins 11. und 13. Jahrhundert ums Ostbecken des Mittelmeeres erwuchs. Ein zweiter ganz besonders wichtiger und an Aufschlüssen reicher Abschnitt gibt zum ersten Male erschöpfende Nachricht über die gedanklichen Quellen der alchemistischen Lehren. Hier reifen ganz besonders reich

¹⁾ *Lippmann, E. v.*, Entstehung und Ausbreitung der Alchemie. Mit einem Anhang: Zur älteren Geschichte der Metalle. Berlin, Julius Springer, 1919. XI, 742 S. Preis geb. M. 36,—, geb. M. 45,—.

die Ergebnisse einer nicht leicht hoch genug zu veranschlagenden Eigenschaft v. Lippmannschen literarischen Schaffens: er gehört noch zu den zuverlässigen Arbeitern der alten Schule, die durchdrungen sind von der Notwendigkeit, daß jeder historische Erforscher eines fachlichen Sondergebietes sich selbst durch eigenes Studium der Originalwerke aller großen Denker der Vergangenheit das herauslesen muß, was zu seiner Sonderfrage und seinem Sonderfache, andeutend oder klarer sich aussprechend, gehört; v. Lippmann hat deshalb auch die Werke der griechischen Naturphilosophen von den frühen Ioniern an bis zu den Neuplatonikern selbst durchmustert und vieles Wichtige zutage gefördert. Er knüpft an Prantls wenig beachtete, weil ohne Verfassername an entlegener, kaum ernstgenommener Stelle erschienene Abhandlung über „Die Keime der Alchemie im Altertum“ an, die das meiste schon völlig richtig gesehen hat, verschließt sich aber nirgends dem ungemein großen Zuwachs an Kenntnissen, der seit 1856 gerade auch auf dem Gebiete der antiken Philosophie, Naturwissenschaft und Technik zu buchen ist. Mit Geschick und Verständnis wird das Auftauchen und die Entwicklung der philosophischen Grundlagen geschildert, die für die alchemistischen Anschauungen maßgebend wichtig sind. Alles wirkliche Gedankengut ist griechische Errungenschaft, und was sich die ägyptische Priesterschaft davon zu messen wollte, ist Blendwerk, fälschende Mache; nur vom materiellen und Prestige-Nutzen waren die Tempelgenossenschaften Ägyptens wie des weiteren Vorderasiens geleitet. Die alchemistischen Gedanken wurzeln in der griechischen Naturphilosophie, entwickeln sich aus der Lehre von den Elementen und ihren Qualitäten, aus der Lehre von der Materie (Urmaterie), dem fünften Element, dem Kreislauf des Stoffes, der Mischung und Artverwandlung der Stoffe, Umwandlung der Elemente, Bedingungen einer Rückwandlung usw., die in den Händen der Stoiker, Neupythagoräer und Neuplatoniker ihre letzte Aus- und Umbildung und stark mystischen Einschlag aus dem Orient erhielten und ihre Durchmischung mit anderen Geheimlehren, namentlich astrologischen, erfuhren. Den Einflüssen des Orients ist dann ein besonderer Abschnitt gewidmet, namentlich die astrologische Lehre aus den neuesten Quellen entwickelt (Babylonien, Persien, des älteren Ägypten), auch altgriechische Geheimlehren kurz dargewiesen und ihrer aller Zusammenfluß und Durchmischung im griechischen Synkretismus des hellenistischen Alexandrien auseinandergelegt, speziell die Beziehungen zwischen Planeten, Farben und Metallen, wobei schließlich *Hermes Trismegistos* und die Hermetik eine besonders wichtige Stelle einnehmen, aber auch Gnostik, Mithraslehre, Ssabier und Mandäer nicht übersehen werden.

Nach dieser weiten und umfassenden, aber unentbehrlichen Abschweifung kehrt die Unter-

suchung wieder zur Chemie und Alchemie selbst zurück. Sie beschäftigt sich zunächst mit der Technik in Ägypten, besonders der Goldgewinnung und -bearbeitung und deren sagenhafter Ausschmückung und reellen Unterlagen seit dem 4. Jahrtausend, Kunstfertigkeiten, die frühe an die Tempel angeknüpft sind. Auch die Färberei war zeitig in Ägypten heimisch, desgl. Glas-, Ton- und Emailarbeiten. Auf allen Gebieten der Edelmetall-, Edelstein- und Perlentechnik entwickelte sich früh schon nebenher die Ersatztechnik minderwertiger Nachahmungen, anfangs als sakrale, später als profane Kunst, die aber ihr Geheimnis auch dann noch zu bewahren suchte, als sie nicht mehr nur stückweise von den leitenden Priesterpersönlichkeiten den zünftigen Handwerkern überliefert wurde. War doch seit Ptolemäerzeiten in immer steigendem Maße Magisches, Mantisches und Mystisches beigegeben worden, an Stelle des Glaubens der grobe Aberglaube getreten und damit Hand in Hand an Stelle der naiven Fälschungstechnik die Lüge der tatsächlichen Hervorbringung edler Metalle, welche dann noch mit pseudowissenschaftlicher Verbrämung im philosophierenden Zeitstil in den Tagen des späten Hellenismus ausgeschmückt wurde in den Kreisen ägyptisch-hellenistischen Priestertums, dem alles Mysterien- und Zauberwesen vertraut war und die Lust zu Geheimbündeleyen im Blute steckte. Weder in griechischer, noch in lateinischer wissenschaftlicher Überlieferung ist auch nur eine Spur von Metallverwandlungsideen vor dem 2. Jahrhundert n. Chr. zu finden, und auch selbst damals hatten die theoretischen Begründungen alchemistischer Maßnahmen noch im wesentlichen eingesessenen ägyptischen Charakter, ja von den eigentlichen Fachschriftstellern abgesehen schweigen alle Autoren des 3. Jahrhunderts von der Alchemie, deren erst die Literatur der zweiten Hälfte des 4. Jahrhunderts zu erwähnen beginnt. Der Name Chemie taucht dabei noch nicht auf, ist selbst zur Zeit der diokletianischen Verfolgung auch der alchemistischen Lehren und Schriften zu Anfang des 4. Jahrhunderts noch nicht in seiner Anwendung gewiß, wenn auch die Verfolgung von Edelmetallverfälschungen durch Diokletian, um seiner heftigen Bekämpfung von Münzverschlechterungen und Falschmünzereien willen, durchaus im Bereich der historischen Wahrscheinlichkeit liegt; die Kunst der „Verfertigung von Silber und Gold“ war ihm gewiß in vollstem Maße verdächtig, und gerade Ägypten stand dieserhalb schon lange im schlechtesten Ruf. Woher aber der Name der Kunst, deren Bücher Diokletian verbrennen ließ? — Auf verschlungenen Wegen führt v. L. uns erneut zur Klarheit, daß „Chemeia“ die Beschäftigung mit dem „Chêmi“, dem schwarzen Grundpräparat der Metallverwandlung darstellt und daß diese Bezeichnung *χημία* schon in den hellenistischen Alchemistenkreisen (bes. Ägyptens) die geläufige war, die

Anknüpfung an den ähnlich klingenden und auch etymologisch damit zusammenhängenden Namen Niederägyptens als des Landes der schwarzen Erde (chêmi) aber erst später fand.

Im Zusammenhang untersucht der gründliche Verfasser die Herkunft der alchemistischen Begriffe, Vorstellungen, Dogmen und Namen. Alle fließen aus den Schriften des Platon, des Aristoteles, der Stoa; doch mischt sich in diesen großen Gedankenkreis ägyptisches und vorderasiatisches Lehrgut auf dem Boden des alexandrinischen Synkretismus und schließlich Neupythagoräisches und Neuplatonisches in immer steigendem Maße, wie das zergliedernd dargewiesen wird, wobei auch die Namengebung schon vielfach genetisch sich klärt, soweit sie nicht direkt aus der Verbindung der Alchemie mit den priesterlichen Geheimlehren mit ihren Decknamen resultiert. Erneut passieren dann die größeren und wichtigsten Vertreter der Alchemie Revue, ein *Pseudodemokritos*, *Ostanes*, *Zosimos*, *Pibêchios* u. a., nachdem nunmehr ihre tiefere Würdigung möglich geworden ist. Alles dies wurde zu Ende des 7. Jahrhunderts in Konstantinopel zur großen Collectio der alchemistischen Schriften gesammelt, von der wir in Paris und Venedig nur verstümmelte Reste besitzen; die *Berthelot* mit seinen philologischen Gehilfen in höchst dankenswerter Weise zum ersten Male veröffentlicht hat, ohne allerdings den Anforderungen genügen zu können, die man an eine solche Herausgabe mit vollem Rechte stellen muß, so daß eine Neuherausgabe sich als unvermeidlich erwiesen hat. Was sich heute schon als die Grundlehren der Alchemisten der ausgehenden Antike aufstellen läßt, ist dann in meisterhaft knapper Übersicht zusammengestellt, wobei die Termini der Kunst ihre Enträtselung finden, schließlich auch ihre Zeichen und Symbole.

Die alchemistische Lehre des Späthellenismus wird dann zunächst in den Orient verfolgt, in die jungen Kulturen des Islam, zu den ersten Übersetzungen, zu ihrer Verwendung in den Schriften der „lauteren“, richtigen „treuen Brüder“, die weitesttragende Bedeutung in den breit sich erstreckenden Reichen des Islam gewannen, während sich nebenher syrisch-persisch-arabische Spezialliteraturen entwickelten, von *Abu Jusuf*, *Alkindi*, *Abu Ma'schar*, über *Alfarabi*, *ibn Sina*, *Albiruni*, zu *Alqazwini*, *ibn Khaldun* u. a., deren Lehren kaum irgendwo auf alchemistischem Gebiete neue Gesichtspunkte erkennen lassen. Auch die Chemie und Alchemie in Indien, Tibet und China findet ihre Würdigung, namentlich in Indien, oft in starker Ablehnung der Ansichten von *Rây*, die Indien mehr Originalität zubilligen möchten als ihm zukommt; zur wirklichen Gewinnung chemischer Kenntnisse in wissenschaftlichem Sinne ist es im chinesischen Reiche niemals gekommen, dies war dem Abendlande vorbehalten, wo arabische Anregungen in Spanien, der Provence, in Sizilien und dem weiteren Italien

auf fruchtbaren Boden fielen, ja in Sizilien und dem südlichsten Italien auch direkt griechisches alchemistisches Literaturgut seit der Mitte des 12. Jahrhunderts Eingang fand. Auch hier begann man wieder mit technischen Sammelbüchern wie in den Kindertagen der hellenistischen Alchemie, aber über „*Mappae clavícula*“ und das „Feuerbuch“ des *Marcus graecus* stieg man zu Höherem auf, vor allem zu den pseudepigraphischen Schriften eines „Geber“, der mit dem alt-arabischen Autor *Dschabir* nichts zu tun hat, von ihm nur den Namen entlehnte, dafür aber als selbständiger, persönlich bis heute unfasbarer Autor am Ende einer längeren Entwicklung steht und über die Leistung der Araber weit hinausgreift, wenn sie auch bewußt an ihre Überlieferung anknüpft. Wer alle diese neuen Verfahren und Methoden entdeckte, die gegen Ende des 13. Jahrhunderts in völliger Vollendung auftreten und z. B. die so ungeheuer wichtige Entdeckung der Mineralsäuren mit sich bringen, läßt sich noch nicht sagen. Als Ursprungsland dieses neuen Wissens nimmt v. L. Italien an, nicht Spanien, zu dem die Meinung bisher hinneigte. Die wichtigen allgemeinen Anschauungen der Pseudo-Geberschen Schriften, z. B. die Annahme der Zusammensetzung der Körper aus Sulfur und Mercurius ist aber nicht für sie originell, sondern Grundanschauungen spätgriechischer Philosophen entsprungen. In vorgeberischen Kreisen wurzelt auch die Kenntnis von der Alkoholdestillation. Die dem großen Katalanen *Arnald von Villanova* zugeschriebenen alchemistischen Schriften hält v. L. für Unterschreibungen des 14. Jahrhunderts, worüber vielleicht doch noch nicht das letzte Wort gesprochen ist. Lange nach 1300 sind diese Schriften bestimmt nicht entstanden; man müßte ihnen zunächst einmal, in den Handschriften ernstlich nachgehen, was auch für die Pseudo-geberschriften dringendstes Erfordernis ist. In kurzem Überblick ziehen die Jahrhunderte nach 1300 an uns vorüber, aber keineswegs nur an der Oberfläche haften bleibend. Nur *Trithemius* scheint uns in ein unrichtiges Licht zu geraten, wenn ihm ein erheblicher Teil der alchemistischen Kenntnisse *Hohenheims* als bei ihm erworben zugebilligt wurde. Dafür reichten die Kenntnisse des *Trithemius* auf diesem Gebiete nicht aus und persönliche Belehrung bei dem ehemaligen Sponheimer Abte kommt für *Paracelsus* überhaupt nicht in Frage.

Ganz besonders wertvoll ist ein als „Anhang“ bezeichneter Abschnitt „Zur älteren Geschichte der Metalle“, die auf 130 Seiten in zusammenhängendem Umriß zur Darstellung kommt, und nicht nur das bedeutende Werk sehr wesentlich ergänzt, sondern auch für sich betrachtet großen historischen Wert besitzt.

Eine Fülle von Nachträgen verdankt das Buch noch besonders der singulären Bereitwilligkeit der Herren *G. Jacob* in Kiel und *Ruska* in Heidelberg als Orientalisten, sowie *Reitzenstein* (Göt-

tingen) und Wessely (Wien) als klassischer Philologen, einen großen Teil des Werkes in den Korrekturbogen durchzusehen. Was nicht mehr im Text selbst Verwendung finden konnte von ihren Bemerkungen, ist in diesen Nachträgen mitgeteilt. Eröffnet werden diese Nachträge durch eine, leider für die neutige Geschichtsforschung in der Alchemie unabweisliche Untersuchung, die viele zunächst vielleicht peinlich anmuten wird: der authentische Nachweis der für einen deutschen Gelehrten kaum faßbaren Schwäche des großen französischen Gelehrten Berthelot — ein trübes Kapitel in der modernen Gelehrten-geschichte —, fast durchgehends die Leistungen seiner historischen Vorgänger zu übergehen und alles als seine eigene Leistung erscheinen zu lassen, vielfach im krassen Widerspruch zur historischen Wahrheit! Sollte die Geschichte der Alchemie wieder auf einen gesunden historischen Boden gestellt werden, so war dieser Nachweis unentbehrlich, und weil er sich v. Lippmann bei seinen Untersuchungen immer wieder aufdrängte, wie auch aus der Darstellung des Werkes selbst hervorleuchtet, war es Pflicht des gewissenhaften Forschers, dies für alle Zeiten festzulegen, dies als letzte klärende Gabe seinem fundamentalen Werke anzufügen, das für lange Zeit das unentbehrlichste Rüstzeug für jeden werden wird, der mit der Geschichte der beiden größten Irrtümer in der Entwicklung der Wissenschaften, mit der Astrologie und besonders der Alchemie sich beschäftigen wird — auch allgemein kulturgeschichtlich betrachtet, ist der Ertrag der bedeutenden Arbeit enorm.

Besprechungen.

Kühn, Alfred, *Die Orientierung der Tiere im Raum*. Jena, Gustav Fischer, 1919. 71 S. und 40 Abbildungen im Text. Preis M. 4,—.

Die Arbeit Kühns enthält in knapper Form eine ausgezeichnet klare Darstellung der verschiedenen physiologischen Orientierungsmechanismen im Tierreich. Als „Orientierung“ definiert der Verfasser zunächst „die aktive Einstellung eines Organismus in eine bestimmte Richtung des Raumes“. Passiv erteilte Lageveränderungen der Glieder oder des ganzen Körpers fallen somit nach dieser Abgrenzung nicht unter den physiologischen Begriff der Orientierung, ebensowenig die allfällig zum „Bewußtsein“ gelangende subjektive Empfindung, die ein Geschöpf von der Lage und Bewegungsrichtung seines Körpers im Raume haben kann. Auch bemerkt der Verfasser in diesem Zusammenhang ausdrücklich, daß es keine Orientierung schlechthin, sondern nur eine Orientierung „im Verhältnis zu bestimmten räumlich geordneten Reizen“ geben kann — eine eigentlich selbstverständliche Feststellung, mit welcher er sich entschieden auf den wissenschaftlich einzig möglichen Boden der „Relationisten“ stellt und allen metaphysischen Spekulationen über die Existenz „absoluter, innerer Richtungskräfte“ (Cornetz) und ähnlichen mystischen Theorien von vornherein die Spitze abbricht.

Schon auf der untersten Stufe des organischen Lebens begegnen wir ausgesprochenen Orientierungsbewegungen in Gestalt der *Tropismen*, eine Bezeichnung, welche der Verfasser indessen (wohl in etwas zu enger, jedenfalls von der gebräuchlichen abweichender Abgrenzung) ausschließlich für die gerichteten Wachstumseinstellungen festgewachsener Pflanzen und Tiere reservieren möchte. Bei der „tropischen“ Orientierung stellt sich der Organismus derart auf den einwirkenden Reiz ein, daß derselbe symmetrische Stellen seines Körpers mit gleicher Intensität trifft. Wirken zwei quantitativ gleichstarke Reize von zwei Seiten her gleichzeitig auf den Organismus ein, so stellt sich derselbe nach dem Gesetz des Parallelogrammus der Kräfte in die Winkelhalbierende ein; sind die einwirkenden Kräfte quantitativ ungleich (z. B. auf der einen Seite stärkeres, auf der anderen Seite schwächeres Licht), so erfolgt die Einstellung in der Kräfte resultierenden. Bei gleichzeitiger Einwirkung qualitativ verschiedener Kräfte (Widerstreit der Reize, z. B. Schwerkraft und Licht) aus verschiedenen Richtungen gibt die mehr oder minder große physiologische Empfindlichkeit, welche die Pflanze (oder deren einzelne Teile) für den einen oder anderen Reiz besitzt, den Ausschlag. Die Art und Weise, wie die Reize aufgenommen werden und wie die bezüglichen Reaktionen zustande kommen (Turgoränderungen?), ist zurzeit noch dunkel.

Die gerichteten Ortsveränderungen frei beweglicher Organismen werden als „Taxien“ bezeichnet. Von den echten Orientierungsbewegungen oder „topischen“ Reaktionen sind die „phobischen“ (Schreck- oder Unterschieds-) Reaktionen zu unterscheiden. Ein typisches Beispiel der letzteren Reaktionsweise ist die Bewegung eines Infusors in einem chemischen Diffusionsgefälle: Wo immer eine gewisse optimale Konzentrationsgrenze erreicht wird, schrickt das Tier an derselben zurück, um sich sodann in einer beliebigen anderen Richtung wieder vorwärts zu bewegen. Die *Chemotaxis* ist somit an sich nicht gerichtet; sie dient lediglich dazu, das Tier innerhalb des chemischen Reizoptimums zu erhalten. Demgegenüber ist beispielsweise die *Galvanotaxis* eine echte *topische* Reaktion, insofern, als sich hier der Organismus innerhalb eines Reizfeldes in eine bestimmte Orientierungsrichtung hineindreht, die er dann auch bei seiner aktiven Fortbewegung dauernd beibehält. — Die *Topotaxien* der mehrzelligen (freibeweglichen) Tiere zeichnen sich vor denen der Einzelligen durchweg durch ihren *Reflexcharakter* aus; um sie zu verstehen, muß man die betreffenden Einstellungsbewegungen auf die Eigenart des bezüglichen Reflexapparates zurückführen. Darnach kann man vier Typen von Taxien unterscheiden:

1. Bei den *Tropotaxis* stellt sich das Tier in der Weise auf den einwirkenden Reiz ein, daß den aufnehmenden, gewöhnlich bilateral symmetrisch angeordneten Sinnesstätten gleiche Reizgrößen zufließen, oder m. a. W., daß sie sich in einem *Erregungsgleichgewicht* befinden. Jede ungleiche Erregung löst einen *antagonistischen Drehreflex* aus, welcher bezweckt, Schiefhaltungen des Körpers zu kompensieren bzw. den Körper in seine physiologische Gleichgewichtslage zurückzudrehen und ihn sodann in derselben zu erhalten. Schon die Erhaltung dieser Gleichgewichtslage erfordert meist eine dauernde nervöse Arbeit (Dauer-tonisierung symmetrischer Reflexzentren): Ein toter

Fisch z. B. schwimmt nicht mehr auf dem Bauche, sondern auf dem Rücken. Sehr schön wird der Mechanismus der tropotaktischen Drehreflexe an den statischen und thigmotaktischen Einstellungsbewegungen der Krebse erläutert. — Bemerkenswert ist, daß manche Tropotaxien nicht unbedingt, sondern nur bedingt, z. B. nur während einer bestimmten Lebensphase des Tieres oder nur unter bestimmten chemischen Verhältnissen auslösbar sind, daß sie also m. a. W. auf ganz bestimmte äußere und innere energetische Bedingungen physiologisch „abgestimmt“ erscheinen. Ihre biologische Bedeutung ist eine sehr mannigfache: Gewährleistung einer geordneten Fortbewegung, Erhaltung eines konstanten Gesichtsfeldes, Leitung zur Nahrung, in günstigere Lebensbedingungen, ins Freie, Schutz vor Feinden im Dunkeln usw.

2. Als *Menotaxis* wird der Vorgang bezeichnet, bei dem ein Tier seine einmal gegebene relative Stellung zu den Reizquellen der Umgebung hartnäckig festhält, daß es also die gerade gegebene. Reizverteilung im aufnehmenden Sinnesapparat während relativer Ortsveränderungen beibehält. Raupen, Käfer z. B., die auf eine Drehscheibe gesetzt werden, pflegen zunächst in einer beliebigen Richtung davonzuweichen und dann diese zufällige Richtung auch bei Drehungen der Scheibe vermittelt kompensatorischer Drehungen im entgegengesetzten Sinne hartnäckig zu bewahren, indem sie sich dabei nach der Lokalisation der Lichtquelle im Fazettenauge richten. Auch der Flug der Insekten zur Lichtquelle ist u. a. auf diesen Mechanismus zurückzuführen (v. Buddenbrock), ebenso ist der Augennystagmus gegenüber einem vorbeiziehenden Gesichtsfeld ein menotaktisches Phänomen.

3. Demgegenüber ist als *Telotaxis* die *Zieleinstellung des Körpers* in die Projektionsrichtung der Reizquelle zu verstehen. Dieselbe erfolgt in der Weise, daß die Reizquelle vermittelt einer Drehbewegung auf eine ganz bestimmte, scharf umschriebene Sinnesstelle, die sogen. *Fixierstelle* eingestellt wird. Der Zweck dieses Mechanismus ist der, ein Objekt, das für das Tier von biologischer Bedeutung ist, trotz dessen relativer Ortsveränderung andauernd „im Auge zu behalten“, was z. B. beim Verfolgen einer Beute unerlässlich ist. Auf höherer Stufe können telotaktische Reaktionen auch auf nicht angeboren wirksame, sondern erst durch individuelle Erfahrung bedeutsam gewordene Gestaltreize ausgedehnt werden; wir sprechen dann von „bedingten“ Zielreflexen — bedingt durch Engramme des Individualgedächtnisses.

4. Ausschließlich auf dieser letzteren Grundlage erfolgt die *Mnemotaxis*, welche die höchste Stufe unter den Orientierungsbewegungen darstellt. Als *Mnemotaxis* ist zu definieren: die Einstellung eines Tieres in eine schon früher einmal innegehabte relative Lage zu den Reizquellen der Umgebung. Der Sinnesapparat wird hier also in eine Erregungssituation eingestellt, die schon früher einmal erlebt und mnemisch (d. h. durch das Gedächtnis, *Somon*) festgehalten wurde, und dieser Vorgang wiederholt sich in der Zeitfolge mit Bezug auf die verschiedenen nacheinander engraphisch festgehaltenen Erregungssituationen, bis die ganze Bahn zum Ziel durchgemessen ist. Solange das Tier nicht mnemisch orientiert ist, besteht zwischen den in seinem Gedächtnis ausgelösten (ekphorierten) Erinnerungsbildern (Engrammen) und den realen Bildern, welche es auf seinem Wege antrifft, eine Unstimmigkeit, ein Erregungsdifferential. Der Vorgang der mnemischen

Orientierung besteht nun eben in der *Beseitigung dieses Erregungsdifferentials*, indem das Tier sich so einstellt, daß die ekphorierten mnemischen und die Originalbewegungen sich decken, d. h. daß mnemische Homophonie zwischen beiden besteht. Oder, laienhaft ausgedrückt: Die verschiedenen, dem Gedächtnis eingepprägten Ortszeichen werden wieder mit den Sinnen aufgesucht. Die *Heimkehrfähigkeit* der „nestbeständigen“ Tiere zum Nest beruht ausschließlich auf mnemotaktischer Orientierung. In manchen Fällen erfolgt bei der Rückkehr eine räumliche (seltener auch eine zeitliche) *Reversion* der sinnlichen Lokalisation der beim Hinweg aufgenommenen Erregungskomplexe, d. h. dieselben werden nunmehr auf korrespondierende bzw. reziproke Sinnesstellen der anderen Körperseite lokalisiert (*Santschi, Brun*). — Zahlreiche Beispiele aus der neueren Literatur über die Orientierung der sozialen Insekten (Bienen, Ameisen) werden vom Verfasser zur Veranschaulichung dieser verwickelten Vorgänge herangezogen, wobei insbesondere die Forschungen von *Forel, Wagner, Santschi, Cornetz* und *Brun* gebührend berücksichtigt werden.

R. Brun, Zürich.

Zuschriften an die Herausgeber.

Kurve der Atomvolumina.

Der in meiner Notiz über die Kurve der Atomvolumina (*Naturw.* 7, 694, 1919) geäußerte Gedanke, daß die neben der Hauptperiodizität periodisch wiederkehrenden Nebenunregelmäßigkeiten (z. B. bei As, Sb) ebenso wie jene durch Ringanordnungen bzw. Kraftfeldänderungen Erklärung finden könnten, ist schon früher ausgesprochen worden. Der freundlichen Mitteilung Herrn *St. Meyers* verdanke ich den Hinweis auf eine Arbeit (*Wien. Ber.* II a, Bd. 124, 1915), welche jene Buckel durch Ringteilung begründet und vorschlägt, die Kurve der Atomvolumina überhaupt nicht in ununterbrochenem Linienzuge zu zeichnen, sondern aus Einzelstücken zusammenzusetzen, welche an diesen Stellen übergreifen.

Die den Unregelmäßigkeiten zugrunde liegenden Kraftfeldänderungen der Ringe können auf ihrem Instabilwerden bei Überschreiten der Elektronenzahl 5 beruhen. Auf dies Instabilwerden macht Herr *A. Smekal* (*Wien. Ber.* II a, Bd. 128, 1919) aufmerksam, eine Tatsache, welche durch die Methode der von Herrn *W. Kossel* (*Ann. d. Phys.* 49, 330—335, 1916) gegebenen Energiekurven und die ihnen zugrunde liegende elementare Rechnung belegt werden kann.

Darmstadt, den 3. November 1919.

H. Bacwald.

Futtertiere des Maulwurfes.

Auf Seite 417 des laufenden Jahrganges wird beschrieben, daß der Maulwurf in eigenartiger Weise die Regenwürmer, die seine Nahrung bilden, verzehrt. Er klemmt sie nämlich zwischen die Vorderpfoten und zieht sie derart durch sie, daß der Darminhalt, Erde und Sand, beim Verzehren völlig entleert wird. Ganz die gleiche Angabe finde ich nun in einem Aufsatz von *E. Deichmann*, *Vidensk. Medd. Dansk naturh. For.* Kopenhagen, 68, 1917, p. 209—210: *Hvorledes fortaerer Muldvarp sine Regnorme?* (Wie verzehrt ein Maulwurf seine Regenwürmer?). Sie weist darauf hin, daß der Maulwurf genau das Vorderende des Regenwurmes erkenne und von vorn nach rückwärts die Entleerung vornimmt, was übrigens umgekehrt unmöglich wäre. Das geht auch aus einer Angabe von

Dahl hervor, der gefunden hat, daß in den Regenwurmvrösten des Maulwurfs die vordersten Segmente durchgebissen sind, um sie unbeweglich zu machen.
Prag, im Oktober 1919. Ludwig Freund.

Astronomische Mitteilungen.

Effektive Temperaturen von 199 helleren Sternen.
In Nr. 74 der Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam teilt *Wilsing* die Resultate seiner, *Scheiners* und *Münchs* visuellen spektral-photometrischen Messungen an 199 Sternen der nördlichen Halbkugel bis herab zur 4. Größe mit. Arbeits- und Reduktionsmethoden unterscheiden sich nicht wesentlich von denen der früheren Veröffentlichung von *Wilsing* und *Scheiner* in Nr. 56 derselben Publikationen, deren Erweiterung die vorliegende ist. Die effektiven Temperaturen wurden bestimmt unter Benutzung der Planckschen Strahlungsformel aus Helligkeitsmessungen an 5 bzw. 10 Stellen der Sternspektren: Vergleichung mit dem Spektrum einer Vergleichslampe (Glühlampe). Letzteres wurde mit dem Spektrum eines schwarzen Strahlers (Laboratoriumsofen von Heraeus) verglichen. Das Spektralphotometer war vom Crovaschen Typus und wurde an den 80 cm-Refraktor angesetzt. Wird die Konstante c_2 in der Planckschen Formel zu 14 600 angesetzt, so ergeben sich folgende reziproke mittlere effektive Temperaturen (T) für die verschiedenen Spektralklassen:

Spektrum nach Maury	c_2 T	Spektrum nach Cannon	Zahl der Sterne	Mittlerer Fehler
I	0,98	Oe ₅	1	± 0,31
II	1,65	B ₀	2	± 0,22
III	1,71	B ₁	3	± 0,18
IV	1,34	B ₂ , B ₃	6	± 0,13
V	1,42	B ₅	7	± 0,12
VI	1,42	B ₈	8	± 0,11
VII	1,43	A ₀	8	± 0,11
VIII	1,60	A ₀	22	± 0,07
IX	1,51	A ₂	10	± 0,10
X	2,03	A ₅	8	± 0,11
XI	2,01	F ₀	7	± 0,12
XII	2,50	F ₅	9	± 0,10
XIII	2,52	F ₈	8	± 0,11
XIV	3,07	G ₀	20	± 0,07
XV	3,48	K ₀	49	± 0,04
XVI	4,36	K ₅	9	± 0,10
XVII	4,43	Ma	5	± 0,14
XVIII	4,79	Mb	5	± 0,14
XIX	4,79	Mc	1	± 0,31
I.	1,83	Bp	1	± 0,31

Die individuellen Werte der effektiven Temperaturen reichen von 22 500 ° für α Draconis, Spektrum V, bis 2800 ° für β Pegasi, Spektrum XVIII. Die Vergleichung mit den photographischen Bestimmungen von *Rosenberg* (Abh. der Kaiserl. Leop.-Karol. Akademie Bd. 150, Nr. 2, 1914) ergibt nach Korrektur der letzteren wegen einer systematischen Verschiedenheit eine gute Übereinstimmung. Interessant sind ferner die Vergleichen mit den effektiven Wellenlängenbestimmungen von *Hertzsprung* und von *Lindblad*, den Farbensätzungen der Potsdamer Durchmusterung (*Müller* und *Kempf*), *Hagen*, *Osthoff*, *Krüger* und *Lau*, sowie den photographischen Farberindexbestimmungen

von *Schwarzschild*, von *Parkhurst* (Yerkes Actinometry) und von *King* (Harvard).

Stellt man zunächst die $\frac{c_2}{T}$ mit dem Argument „Spektrum nach Maury“ dar, so ergibt sich eine Kurve, die beim Spektrum V oder VI anscheinend ein Minimum erreicht und bei noch früheren Spektraltypen wieder nach größeren Werten von $\frac{c_2}{T}$ umzubiegen scheint, wenn man von dem auf einem einzelnen Stern beruhenden Wert für Spektrum I absieht, der mehr für Konstanz der $\frac{c_2}{T}$ für die frühesten Spektralgruppen von I bis VII zu sprechen scheint. Theoretisch wäre letzteres eher zu erwarten. — Es dürfte in dieser Hinsicht von Interesse sein, daß eine noch nicht veröffentlichte Reihe von lichtelektrischen Farberindexbestimmungen in Babelsberg praktisch völlige Konstanz der Farberindizes für die Spektralklassen (nach Cannon) Oe₅, B₀ bis B₃ ergibt. Am anderen Ende der Spektralreihe scheinen die Wilsingschen Bestimmungen von $\frac{c_2}{T}$ wiederum eine Umkehr der Kurve anzudeuten mit einem Maximum beim Spektrum XVIII oder XIX. Auch dies wird durch die lichtelektrischen Farberindexbestimmungen bestätigt, die ein ausgeprägtes Maximum bei XVII = Ma und dann eine entschiedene Umkehr der Kurve für die Spektralklassen Mb, Mc, Md ergeben.

Die Vergleichen mit den Farbensätzungen der P. D. und von *Lau* als Repräsentanten der übrigen, sowie gleicherweise der Farberindizes von *King* und der effektiven Wellenlängen von *Lindblad* ergeben

praktisch lineare Beziehungen zwischen $\frac{c_2}{T}$ einerseits und den Farben usw. andererseits in dem ganzen Bereich der ersteren, mit Ausnahme der Farberindizes von *King*, die für die frühesten Spektralstufen ein ähnliches Verhalten zeigen wie die oben erwähnten lichtelektrischen Farberindizes.

Endlich wäre aus den vielen wichtigen Betrachtungen der Arbeit noch hervorzuheben, daß für die Maury'schen Nebenserien c und ac der normalen Spektralreihe, die absolut sehr helle Sterne enthalten, eine systematische Verminderung der effektiven Temperatur, die man für diese Sterne vermutet hat, nicht angedeutet ist. Die Zahl der gemessenen c - und ac -Sterne ist allerdings sehr gering.

Eine neue Bestimmung der Periode und Bahnelemente des interessanten spektroskopischen Systems ξ^1 Ursae majoris, der helleren Komponente des bekannten visuellen Doppelsterns Mizar, hat *Inatek* am Wiener Equatorial coude zur Aufklärung einer bei den lichtelektrischen Messungen dieses Sterns in Babelsberg aufgetauchten Frage unternommen. Das erste Ergebnis dieser Untersuchung, die mit stärkerer Dispersion noch fortgesetzt werden soll, ist in *Astr. Nachr.* Nr. 4996 veröffentlicht. Die früheste genauere Untersuchung des Systems, dessen Duplizität bereits 1889 von *Pickering* auf Objektivprismenaufnahmen an der periodisch auftretenden Verdopplung der Spektrallinien erkannt worden war, wurde 1901 in Potsdam unternommen und bis 1906 fortgesetzt. *Eberhards* und *Ludendorffs* Elemente zeigen eine Bahn mit 20,536 Tagen Umlaufszeit, 0,52 Exzentrizität, 138,5 km halber Amplitude der relativen Geschwindigkeit der beiden Komponenten, deren Massen nahe gleich sind, usw. Im Februar 1917 wurden lichtelektrische Messungen des Sternes begonnen, um festzustellen, ob in

dem System Bedeckungen eintreten, was in Anbetracht der großen Amplitude der Geschwindigkeit (als Anzeichen geringer Neigung der Bahnebene gegen die Gesichtslinie) und aus einem anderen, hier nicht zu erörternden Grunde nicht unwahrscheinlich war. Es ergab sich in der Tat, daß, neben einem unbeständigen, nur zeitweilig vorhandenen δ Cephei-artigen Lichtwechsel von einigen Hundertsteln einer Größenklasse, an zwei bestimmten, sehr nahe konstanten Stellen der spektroskopischen Bahn scharfe, höchstens einen Tag lang dauernde Einsenkungen der Lichtkurve auftraten, die große Ähnlichkeit mit Bedeckungsminima hatten. Aber ihre Zeit stimmte nicht mit den Zeiten der aus den spektroskopischen Bahnelementen berechneten Zeiten der Konjunktionen der Komponenten überein, sondern fielen um $1\frac{1}{2}$ bzw. 2 Tage vor die letzteren. Da die spektroskopische Bahnbestimmung schon etwas weit zurücklag, so war zunächst eine Wiederholung derselben notwendig. Aus 115 Spektrogrammen aus der Zeit vom 9. Juni 1917 bis 25. Juni 1918 erhielt *Hnatek* in Verbindung mit den früheren Potsdamer Aufnahmen verbesserte Bahnelemente, die zwar nur sehr wenig von den obigen abweichen, aber die spektroskopischen Konjunktionen in der Tat in dem Sinne und ungefähr um den Betrag verschieben, wie es die lichtelektrischen Messungen zu fordern schienen. Die Abweichungen für die beiden Konjunktionen sind jetzt nur noch $+0,2$ und $-0,6$ Tage, und in Anbetracht der schwierigen Umstände innerhalb der Fehlergrenzen: Weiter ergaben sich gewisse, auch von den älteren Beobachtern schon bemerkte Eigentümlichkeiten in dem Verhalten der Linien des Spektrums, die *Hnatek* noch weiter verfolgen will. Sie hängen vielleicht in irgendeiner Weise mit dem Lichtwechsel zusammen.

Während das nur zeitweilige Auftreten eines δ Cephei-artigen Lichtwechsels vom Standpunkte seiner Erklärung durch nur zeitweise vorhandene ungleichförmige Helligkeitsverteilung auf einer oder beiden Komponenten, deren Rotationszeit man auch zu $20\frac{1}{2}$ Tagen annehmen muß, keine Schwierigkeit bereitet, ist das nur zeitweilige Auftreten der Bedeckungsminima, das die lichtelektrischen Messungen ebenfalls ergaben, vorläufig noch eine dunkle Angelegenheit. Da diese Minima, wenn sie überhaupt beobachtet wurden, bisher stets nahe auf die gleiche Phase der Bahnbewegung fielen, so kann es sich kaum um etwas anderes als um Bedeckungen handeln. Der ganzen Sachlage nach können diese Bedeckungen nur streifende sein. Dann sind aber bereits ganz geringe Änderungen in der Bahnbewegung der Komponenten oder in der Ausdehnung ihrer Atmosphären entscheidend für das Zustandekommen derselben. Störungen der Bahnbewegung werden nun durch die bisherigen spektroskopischen Untersuchungen nicht wahrscheinlich gemacht. Die Lage der großen Achse der stark elliptischen Bahn, die in einem solchen System wie dem vorliegenden am ehesten einer Störung unterworfen sein sollte, wurde 1917 in sehr naher Übereinstimmung mit der älteren Bestimmung gefunden. Ebenso die Exzentrizität. Anders verhält es sich jedoch mit der zweiten Möglichkeit, nämlich etwaiger Veränderlichkeit der Ausdehnung der Atmosphären der Komponenten. Es ist jedenfalls auffallend, daß bisher die bedeckungsartigen Minima nur zugleich mit dem kontinuierlichen Lichtwechsel aufgetreten und mit ihm zugleich wieder verschwunden sind.

In Nr. 73 der Publikationen des Potsdamer Astrophysikalischen Observatoriums veröffentlicht *Hertzsprung* das Ergebnis von photographischen Helligkeitsmessungen an dem **Bedeckungsveränderlichen VV Orionis** ($\alpha = 5^h 28^m 27^s$, $\delta = -1^\circ 13,6'$ 1900; Helligkeit $5,37^m$, Spektrum B2). Die Veränderlichkeit war bereits 1903 von *Miller Barr* angezeigt, aber nicht weiter beachtet worden. Erst als auf dem Mount Wilson der Stern als spektroskopisch doppelt mit sehr großer Geschwindigkeitsamplitude erkannt wurde, zog er die Aufmerksamkeit auf sich. *Hertzsprung* untersuchte ihn am Potsdamer Zeißtriplet auf Veränderlichkeit und fand einen Lichtwechsel von mindestens $0,25^m$. Er verfolgte dann den Stern ein Jahr lang mittels seiner photographischen Gittermethode. Die spektroskopische Bahnbestimmung durch *Daniel* ergab inzwischen eine kreisförmige Bahn mit 1,4854 Tagen Umlaufszeit, einer halben Geschwindigkeitsamplitude von $132,4$ km und einer Schwerpunktsgeschwindigkeit von $+20,8$ km. Die schwächere Komponente des Systems ist im Spektrum nicht sichtbar. Bemerkenswert ist, daß die Calciumlinie *K*, wie bei einigen anderen Heliumsternen, nicht an der Bahnbewegung teilnimmt, oder wenigstens nur in sehr geringem Maße, nämlich mit einer halben Amplitude von höchstens 10 km. Die mittlere Geschwindigkeit der *K*-Linie ist nahe dieselbe wie für δ und ϵ Orionis und entspricht fast völlig der Bewegung der Sonne relativ zu diesen Orionsternen. Außer der 1,5-tägigen Schwankung der Linien scheint noch eine längere vorhanden zu sein. deren Periode, halbe Amplitude und Exzentrizität *Daniel* bzw. zu 120 Tagen, 13 km und $0,30$ annimmt. Indessen ist dies vorläufig nicht mehr als ein Interpretationsversuch für übrigbleibende Abweichungen von anscheinend systematischem Charakter.

Hertzsprungs photometrische Bestimmung der Systemkonstanten aus der von ihm erhaltenen Lichtkurve ergeben folgendes: Die Lichtkurve ist vom β Lyrae-Charakter mit zwei ungleichen Minima. Die Bedeckungen sind zentrale (Neigung der Bahn gegen die Sphäre 90°). Da die Komponenten ungleich groß sind, so findet eine ringförmige Bedeckung (im Hauptminimum) und eine totale (im Nebenminimum) statt. Die Tiefe des Hauptminimums beträgt $0,35^m$, des Nebenminimums $0,16^m$. Die beiden Sterne sind ellipsoidisch mit einem Achsenverhältnis im Meridianschnitt von $0,96$. Der Durchmesser der kleineren Komponente ist $0,45$ desjenigen der größeren, deren Durchmesser $0,40$ desjenigen ihrer Bahn um den Schwerpunkt des Systems ($5\,400\,000$ km) beträgt. Ihre Oberflächenhelligkeiten verhalten sich wie $1:0,54$ für die helleren, einander zugekehrten Hemisphären und $1:0,27$ für die dunkleren. Die größere Komponente hat also auch die größere Flächenhelligkeit. Der Unterschied der beiden Hemisphären ist für den Hauptstern kaum merklich, für den Begleiter dagegen $0,8^m$. Unter willkürlicher Annahme eines Massenverhältnisses von $2:1$ ergibt sich die Masse des Hauptsternes zu $6,4$, des Begleiters also zu $3,2$ Sonnenmassen. Die Dichten werden $0,06$ und $0,37$ der Sonnendichte. Wird die Oberflächenhelligkeit des Hauptsternes entsprechend seinem Spektraltypus ($T = 14\,300^\circ$) 16-mal größer als die der Sonne angenommen, so wird die absolute Helligkeit des Hauptsternes $-6,7^m$, des Begleiters $-3,5^m$ (Sonne $0,0^m$) und die Parallaxe $0,004''$.

Guthnick.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

LIBRARY
RECEIVED
1919 DEC 27

Heft 52. (Seite 997—1016)

26. Dezember 1919.

Siebenter Jahrgang.

INHALT:

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1918. Von *Karl Scheel, Berlin-Dahlem*. S. 997.

Die Zahlenkonstanz im Aufbau des biologischen Zellenstaates (Zellkonstanz). Von *E. Martini, Hamburg*. S. 1002.

Über Beobachtungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie. Von *C. Dorno, Davos*. (Schluß). S. 1007.

Die Sieldünen der Pampa von Islay in Peru. Von *B. Brandt, Belzig*. S. 1012.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Kreuz- und Querzüge unter deutscher Flagge im Innern von Deutsch-Neuguinea in den Jahren 1914 bis 1918. S. 1014.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Ein Beitrag zur Erklärung der erdmagnetischen Störung. Zusammenhang zwischen dem Tagesgang der Temperatur und des Luftdruckes. S. 1016.

Astronomische Mitteilungen:

Veränderlichkeit des schwächsten der vier Hauptsterne des Oriontrapezes. Photographisch-Spektralphotometrische Größen von Hyadensternen. S. 1016.

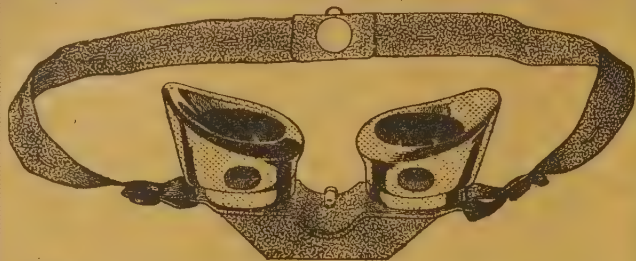


ZEISS

LUPEN

für

**Naturwissen-
schaffler und
Naturfreunde**



Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

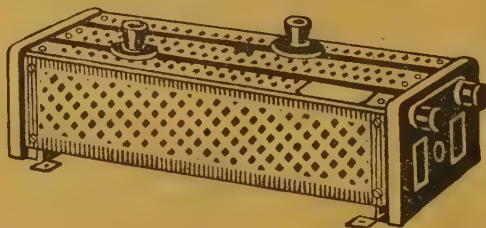
BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Siemens & Halske A.-G.
Wernerwerk - Siemensstadt bei Berlin



Schiebewiderstände

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang.

26. Dezember 1919.

Heft 52.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1918¹⁾.

Von Karl Scheel, Berlin-Dahlem,

Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Die Prüfungstätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt hat gegenüber dem vorigen Jahre etwas zugenommen; sie stand im abgelaufenen Kalenderjahr noch merklich unter dem Einfluß des Krieges. Die im vorjährigen Bericht genannte Metallkommission beschäftigte sich ausschließlich mit Versuchen über das Aluminium. Zur Reindarstellung des Metalls wurde ein Verfahren ausgearbeitet, nach dem das Metall bis zur dritten Stufe (Verunreinigung unter 0,1 %) gereinigt werden konnte. Als Ausgangsmaterial diente dabei ein „Aluminium IV“ mit 0,4 % Fremdstoffen, das auf Veranlassung des Herrn Dr. Pistor, Direktor der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron, aus reiner Tonerde und reiner Kohle hergestellt worden war. Aus dem Handel wurden noch das „Aluminium II“ mit 1,6 % und das „Aluminium III“ mit 1,2 % Verunreinigung, die fast gleichmäßig auf einen Gehalt an Eisen und Silizium entfällt, bezogen. Alle drei Sorten wurden als hartgezogene und als ausgeglühte Drähte in drei verschiedenen Stärken auf den spezifischen elektrischen Widerstand und den Temperaturkoeffizienten bei Zimmertemperatur untersucht. Ferner wurde die Ausdehnung des Aluminiums zwischen -80 und $+500^{\circ}$ und seine Festigkeit bei Zimmertemperatur, bei 100° und bei 200° gemessen. Endlich verfolgte man die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur zwischen -190 und 500° ; in diesem ganzen Bereich deutet der Verlauf der Widerstandskurven, der von denen des Kupfers nicht viel abweicht, nirgends auf eine Zustandsänderung des Metalls. — Die Ergebnisse der Versuche sind bei den Arbeiten der einzelnen Laborsatorien näher angegeben.

Abteilung I für Optik.

Energieumsatz bei photochemischen Vorgängen.

Die Untersuchungen über das Einsteinsche Äquivalentgesetz wurden auf wässrige Lösungen ausgedehnt, und zwar wurde als erster Fall die photochemische Nitritbildung aus Nitraten gemessen. Es zeigte sich, daß das Einsteinsche Äquivalentgesetz in diesem Falle nicht gilt; gleichwohl trifft die für dessen Gültigkeit not-

wendige Bedingung, daß das Quantum der wirkenden Wellenlänge größer sei als zur primären Zersetzung erforderlich, für die beiden Wellenlängen $\lambda = 0,207$ und $\lambda = 0,253$ zu. Diese Bedingung erweist sich also bei wässrigen Lösungen, im Gegensatz zu dem Verhalten von Gasen, nicht als hinreichend für die Gültigkeit des Gesetzes.

Prüfungen von radioaktiven Präparaten.

Die vielfache Verwendung radioaktiver Präparate (für ärztliche Zwecke und für Leuchtmassen) hat sich auch im Berichtsjahr in der großen Zahl der geprüften Präparate gezeigt: es wurden 84 Präparate geprüft, deren Gesamtgehalt 1853 mg Radiumelement entsprach.

Photometrische Prüfungen.

Der Umfang der photometrischen Prüftätigkeit war ungefähr der gleiche wie im Vorjahr. Die Zahl der zu Messzwecken bestimmten Kohlefadenlampen hat weiter zugenommen. Von den demselben Zweck dienenden 202 Metallfadenlampen wurden 37 auf mittlere räumliche Lichtstärke untersucht. Die kleinste gemessene Lichtstärke betrug 0,0048 HK (bei einer schwach rotglühenden Lampe), die größte 4320 HK, diejenige einer Lampe, die mit 50 Volt und 47 Ampere brannte und als Normallampe für eine Ulbrichtsche Kugel bestimmt war. Sie besaß einen Verbrauch von 0,51 Watt auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke.

In Dauerprüfung wurden 37 Glühlampen untersucht. Hierunter waren 10 Spiraldrahtlampen zu 220 Volt und 25 HK bis zu 2000 Brennstunden (mit Gleichstrom), die anfangs 1,5 Watt auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke verbrauchten; nach 2000 Brennstunden war noch keine Lampe durchgebrannt. Ferner 22 Lampen mit zickzackförmig gewickelten Fäden ebenfalls zu 220 Volt und 25 HK. Die Dauerprüfung erstreckte sich auf 2250 Stunden (teils mit Gleichstrom, teils mit Wechselstrom). Der auf mittlere Lichtstärke senkrecht zur Lampenachse bezogene Verbrauch betrug anfangs 1,3 Watt. Durchgebrannt sind nur 2 Lampen (nach 1985 und 2128 Brennstunden), und zwar bei Benutzung von Wechselstrom. Eine dritte Dauerprüfung umfaßte 5 kleine Lampen mit bügelförmigem Faden zu 2 Volt. Die Lichtstärke senkrecht zum Bügel betrug anfangs 0,78 HK; ihr entsprach eine mittlere räumliche Lichtstärke von 0,62 HK. Nach 1000 Brennstunden wurde die Prüfung abgebrochen; nur eine Lampe war durchgebrannt (nach 57 Brennstunden). Weiter wurden geprüft 63 Zwerglampen für Taschenbatterien, die aber

¹⁾ Der dem Kuratorium der Anstalt unterbreitete Bericht ist im Auszug in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 39, S. 105—117, 137—145, 180—194, 1919, abgedruckt.

nur eine kurze Lebensdauer hatten, 3 Magnesiumbandlampen, 2 Universalphotometer und 12 Prismen, deren Lichtverlust durch Reflexion und Absorption ermittelt werden sollte.

Lichtbrechung von Flußspat und Quarz.

Die Durchmessung der Dispersion ist für den Wellenlängenbereich von $\lambda = 0,4$ bis $\lambda = 2,6 \mu$ mit 27 über das Spektrum gleichmäßig verteilten Linien ausgeführt worden. Mit Rücksicht auf die erzielte hohe relative Sicherheit von wenigen Einheiten der sechsten Dezimale in den Brechungs-exponenten ist eine Ausgleichung der Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate erforderlich, wobei die Kettlersche Formel zugrunde gelegt werden soll. Die große Genauigkeit war nur zu erreichen, weil die Temperaturkonstanz, die Kleinheit der magnetischen Störungen sowie das Fehlen von mechanischen Erschütterungen (abgesehen von Tagen mit starkem Sturm) im Potsdamer Beobachtungssaal sehr selten etwas zu wünschen übrig ließen und daher recht genaue galvanometrische Beobachtungen ermöglichten. In einem Raume der Charlottenburger Reichsanstalt wäre eine so hohe Genauigkeit nicht zu erzielen gewesen.

Abteilung II für Elektrizität.

Starkstromlaboratorium. Prüfungstätigkeit.

Geprüft wurden Messapparate für Gleichstrom und Wechselstrom für Spannung und Stromstärke, Leistung, Arbeit, Frequenz; Vorschalt- und Nebenschlusswiderstände, Strom- und Spannungswandler, Strommesser für Hochfrequenz, Wellenmesser, Kondensatoren und Induktivitäten. Ferner Generatoren und Motoren, Isolationsmaterialien und Apparate zur Fortleitung und Verteilung elektrischer Energie. Endlich Wirkwiderstände und Induktivitäten von Telefonen, Tonsender, der Dämpfungsfaktor von Ölen und die Eigenwelle eines Kondensators. Unter den Prüfungen wurden mehrere auswärts ausgeführt, vorwiegend in Hochspannungsanlagen. Bei einer derselben wurden Übersetzungs- und Winkelfehler eines dreiphasigen Spannungswandlers für 50 000 Volt im Betriebe durch Vergleichung mit einem vorher geprüften einphasigen Spannungswandler gemessen. Endlich wurden die experimentellen Arbeiten an einer Systemprüfung, 4 Ergänzungsprüfungen für Zähler und 2 Ergänzungsprüfungen für Messwandler abgeschlossen.

Die Zahl der Prüfmänner ist unverändert geblieben; sie waren fast alle gut beschäftigt, am meisten das Prüfmann München, das u. a. mehr als 12 000 Zähler bearbeitete. Die Prüfbefugnis des Amtes 7 in Bremen wurde für Gleichstrom auf 500 V und 200 A. für Wechsel- und Drehstrom auf 600 V und 500 A erweitert.

Andere Arbeiten des Starkstromlaboratoriums.

Die anderen Arbeiten des Starkstromlaboratoriums haben meist nur Sonderinteresse und

werden deshalb hier nur kurz erwähnt. Allgemeines Interesse bietet eine neue Methode zur genaueren Ermittlung der Frequenz bei Wechselstrommessungen. Es wurde folgende Einrichtung getroffen: Eine stählerne Stimmgabel von 240 mm Länge und $4,6 \times 6,0$ mm Querschnitt der Zinken war kräftig magnetisiert. Zwischen die Enden der Zinken wurde eine Spule von 1000 Windungen gebracht. Die durch Anstoßen in Schwingungen versetzte Gabel erzeugt einen Wechselstrom in der Spule, der in ein Vibrationsgalvanometer geleitet wird, das auf die Frequenz der Gabel abgestimmt ist. Wird nun in das Vibrationsgalvanometer gleichzeitig ein schwacher Wechselstrom geleitet, dessen Frequenz genau gemessen werden soll, so schwingt das Instrument in Schwebungen, aus deren Dauer man den Unterschied der Frequenz des zu untersuchenden Wechselstromes von der Frequenz der Stimmgabel berechnen kann. In der Regel braucht man die genaue Frequenzmessung bei Kompensations- und Brückenmessungen, bei denen man das Vibrationsgalvanometer sowieso als Nullinstrument benutzt.

Vibrationsgalvanometer.

Das im vorjährigen Bericht (diese Zeitschr. 1918, S. 542) beschriebene Instrument, welches zwischen 70 und 420 per/s abstimbar war, wurde in der Weise abgeändert, daß die Länge des dünnen Drahtes, an dem das schwingende Eisenplättchen befestigt ist, auf die Hälfte herabgesetzt wurde und daß die schneidenförmigen Polschuhe für den Gleichstrommagneten auf dem das schwingende System tragenden Rahmen verschiebbar befestigt wurden, so daß sie genau symmetrisch zu dem Eisenplättchen gestellt werden können. Es wird dadurch vermieden, daß das Eisenplättchen bei stärkerer Gleichstromerregung seitlich an die Polschuhe springt. Der Erfolg ist, daß das Instrument für Frequenzen bis 1000 per/s abgestimmt werden kann.

Strom- und Messwiderstände für Wechselstrom

sollen einen sehr kleinen Phasenwinkel haben und gut gekühlt sein, so daß sie bis zu einem Spannungsabfall von 1 bis 2 Volt belastet werden können, ohne merklich den Widerstand zu ändern. Dieses Ziel wurde durch einen Widerstand von $0,02 \Omega$, belastbar bis 100 A, erreicht, der aus einem bifilar zusammengelegten Streifen Manganinblech von 34 mm Breite, 0,3 mm Stärke und 2×24 cm Länge hergestellt war und der zwischen zwei Kupferstreifen von je 40 mm Breite, 12 mm Stärke und 40 cm Länge unter Zwischenlage von schellackiertem Seidenband zusammengepreßt wurde; die Kupferstreifen enthielten im Innern einen Kanal, welcher vom Kühlwasser durchflossen wurde, gleichzeitig dienten sie als Stromzuführungen. Die Prüfung des Widerstandes ergab seine Brauchbarkeit bis 100 A. Andere Widerstände für größere Stromstärken bis 3000 A sind im Bau.

Messung der Verlagerung umlaufender Wellen bei elektrischen Maschinen.

Um die Bewegungen des Zapfens im Lager zu messen, wurde eine neue optische Methode entwickelt. Auf der Stirnfläche der zu untersuchenden Welle wurde ein poliertes Silberplättchen mit einem Raster (Kreuzgitter) von 1 bis 2 μ Strichbreite befestigt. Rotiert dieser Raster mit der Welle, so bildet sich bei Beleuchtung mit diffusem Licht der Schnittpunkt der Rotationsachse der Welle mit der Rasterebene als ein mikroskopisch feiner, fast schwarzer Punkt ab, während die übrige Fläche des rotierenden Rasters weiß erscheint. Die Bewegung dieses Punktes und damit die Bewegung der Welle wurde mit einem Mikroskop mit Okularmikrometer beobachtet und gemessen. Die relative Genauigkeit für die Einstellung des Fadenkreuzes des Mikroskopes auf die Mitte des Punktes betrug etwa 0,2 μ . — Mittels dieser Methode konnten verschiedene Kurven für die Verlagerung der Welle in Abhängigkeit von der Drehzahl der Maschine, der Lagertemperatur und bei verschiedenem Schmiermaterial aufgenommen werden.

Wellenlänge elektrischer Schwingungen.

Den gesteigerten Ansprüchen der Technik entsprechend soll die Wellenlängenskala der Reichsanstalt mit etwas größerer Genauigkeit (0,5 bis 1 Promille) als bisher festgelegt werden. Die Grundlage der neuen Skala sollen Schwingungskreise bilden, deren Kapazitäten nicht wie bisher aus stetig veränderlichen Kondensatoren, sondern aus festen Normalkondensatoren bestehen. Für eine verhältnismäßig kleine Anzahl solcher Schwingungskreise soll die Eigenwelle ihrem absoluten Betrage nach aus den absolut zu messenden Kapazitäten und Selbstinduktionen berechnet werden. Mit Hilfe dieser passend gewählten Fixpunkte soll dann unter Benutzung harmonischer Oberschwingungen in einem Normalwellenmesser mit kontinuierlicher Skala der ganze erforderliche Wellenlängenbereich festgelegt werden. — Auch für die Schwingungskreise dieses Normalwellenmessers sollen, um die zeitliche Unveränderlichkeit sicherzustellen, der Hauptsache nach feste Kondensatoren benutzt werden.

Abteilung III für Wärme und Druck.

Widerstand reiner Metalle.

Es wurde der Widerstandskoeffizient einer Reihe reiner Metalle gemessen, die zu Drähten ausgezogen waren; die gefundenen Werte sind mit den Zahlen früherer Beobachter in einer Tabelle zusammengestellt. Die Tabelle zeigt, daß der Widerstandskoeffizient, abgesehen von einigen nach unten abweichenden Werten, die sich auf schwer zu reinigende Metalle beziehen, im allgemeinen noch immer zugenommen hat, offenbar weil die Verfahren für die chemische Reinigung verbessert worden sind. Andererseits ist zu erkennen, daß eine große Zahl der Metalle, wie Silber, Gold, Wismut, Cadmium, Kupfer, Eisen,

Blei, Platin und Zink, in ihrem Widerstandskoeffizienten nicht sehr schwanken, also in fast gleicher Reinheit hergestellt werden. Unbefriedigt ist bis jetzt noch der Wunsch nach reinem Nickel, während man über die bisher erreichte Reinheit von Molybdän, Iridium, Palladium, Tantal und Wolfram noch keine sicheren Angaben machen kann. Das geprüfte Rhodium war in der Reichsanstalt hergestellt worden und scheint sehr rein zu sein.

Aluminium wurde in mehreren Proben untersucht, die bis zu verschiedenen Temperaturen angelassen waren. Die günstigste Anlaßtemperatur, die die größte Leitfähigkeit und den größten Temperaturkoeffizienten ergibt, liegt bei 250°. Höher hinauf nehmen beide Größen mit der beginnenden Rekristallisation wieder ab. Mit der wachsenden Reinheit des Metalls nimmt aber keineswegs der Widerstandskoeffizient zu; wodurch diese Ausnahmestellung des Aluminiums verursacht wird, ist noch nicht geklärt.

Druckabfall von Gasen und Flüssigkeiten beim Strömen durch Rohre.

Eine Formel von Blasius ermöglicht, die Menge einer beliebigen, ein glattes Rohr durchströmenden, tropfbaren oder gasförmigen Flüssigkeit aus dem Druckabfall zu berechnen, wenn deren Dichte und Zähigkeit bekannt sind. Die Messung des Druckabfalls könnte als Normalmengenmessung dienen und die unbequeme Bestimmung mittels eines Gasometers ersetzen, wenn die Genauigkeit der Blasius'schen Formel ausreicht. Diese Frage wurde an Luft und Wasser geprüft, die in einem glatten Messingrohr von 1 cm lichter Weite und 150 cm Länge strömten. In beiden Fällen erwies sich die Formel mit einer Genauigkeit von wenigen Promille als gültig; es kann demnach wohl angenommen werden, daß das Rohr allgemein als ein Mengemesser für alle Flüssigkeiten zu brauchen ist.

Wärmeleitvermögen von Flüssigkeiten.

Die Untersuchung wurde durch einen Prüfungsantrag veranlaßt, wonach zur Berechnung von Kühlern für Transformatoren das Wärmeleitvermögen von Transformatorölen in Abhängigkeit von der Temperatur bis zu 70° bestimmt werden sollte. Bei der Lösung dieser Aufgabe befand sich das zu untersuchende Öl horizontal in dünner Lamelle, durch Kapillarkräfte festgehalten zwischen zwei Kupferplatten, deren oberer eine gewisse Wärmemenge W durch einen über ihr liegenden elektrischen Heizkörper zugeführt wird. Das Wärmeleitvermögen λ der Flüssigkeitslamelle berechnet sich dann nach der einfachen Formel
$$\lambda = \frac{(W - V)l}{(t_1 - t_2)f},$$
 wo l die Dicke und f die Fläche der Kupferlamelle, $t_1 - t_2$ die mit Thermoelementen gemessene Temperaturdifferenz der beiden Kupferplatten, V den Wärmeverlust bedeuten. Zur Bestimmung des Verlustes V kann man ihn sich in drei Teile, V_1, V_2, V_3 , zerlegt denken. Die

Wärmemenge V_1 , welche durch die Zuleitungsdrähte usw. abströmt, ist leicht mit genügender Genauigkeit zu ermitteln. Die quer durch die Wände des oberen Teils des das Ganze bedeckenden Vakuummantelgefäßes ausströmende Wärme V_2 wird durch eine besondere Messung, die achsiale Wärmeströmung V_3 in der inneren Glaswand des Gefäßes durch Aufstellung und Integration der Differentialgleichung des Temperaturverlaufs in dem Luftring und in der Glaswand bestimmt.

Aneroid mit kleinem Nachwirkungsfehler.

Aus einer experimentellen Untersuchung ergeben sich folgende Maßnahmen zur Herabminderung des schädlichen Einflusses der Nachwirkung: Wahl einer möglichst dünnen Membran; Wahl einer starken Feder, da die Nachwirkung der Feder sehr klein gemacht werden kann; Ersetzung der einfachen Dose durch eine Doppeldose (Boden der Dose wie ihr Deckel gebildet) oder mehrere solcher Dosen übereinander, da bei gleichem Ausschlag die Beanspruchung der einzelnen Membran der Anzahl der Membranen umgekehrt proportional ist. — Durch diese Maßnahmen sind in der Reichsanstalt Aneroide mit einer Doppeldose hergestellt, deren Angaben bei Beanspruchung zwischen 760 und 400 mm Quecksilberdruck um nicht mehr als 1 mm gefälscht sind.

Prüfungstätigkeit.

Es wurden 2639 wissenschaftliche und über 20 000 ärztliche Thermometer geprüft, ferner 139 elektrische und optische Thermometer, 42 Instrumente für Druckmessung, 96 Apparate zur Untersuchung des Erdöls, ferner Verbrennungskalorimeter, Öle auf Zähigkeit, Legierungsringe, Gasbrenner auf Gasverbrauch, eine Rohrverschraubung auf Gasdichtigkeit bei 100 at; endlich wurden 12 Ausdehnungsmessungen gefordert. — In den unter der Kontrolle der Reichsanstalt stehenden Prüfungsanstalten wurden in Ilmenau 443 290 ärztliche und 1126 andere, in Gehlberg 200 981 ärztliche Thermometer geprüft.

Vereinheitlichung der Thermometerskala.

Um die Celsiusskale zum alleinigen Gebrauch zu bringen, hat die Reichsanstalt seit Januar 1901 alle Réaumurthermometer von der Prüfung zurückgewiesen. In derselben Absicht hat der Reichskanzler durch Rundschreiben vom 9. März 1901 die Bundesregierungen aufgefordert, in allen öffentlichen Krankenanstalten, in den öffentlichen Lehranstalten sowie den höheren und niederen Schulen die hundertteilige Skale einzuführen. Ferner ist durch Schreiben vom 19. Mai 1903 an zahlreiche Fachvereine die Einführung der Celsiusskale angeregt worden. Überblickt man heute den Erfolg dieser Bestrebungen, so ist festzustellen, daß das Réaumurthermometer, abgesehen von der Wissenschaft, wo die Celsiusskale schon lange Alleinherrscherin war, noch vielfach gebraucht wird. Im technischen Betrieb benutzt eine doppelte Skale besonders das Braugewerbe, wo die

Erhaltung dieses Übelstandes von privaten Prüfungsanstalten begünstigt wird, die nach wie vor neben Celsiusthermometern auch Réaumurinstrumente prüfen. Vornehmlich herrschen diese aber noch im privaten Gebrauch der Bevölkerung, wo sie auf hygienischem Gebiet vielfach Verwirrung stiften, die in den Fällen noch vermehrt wird, wo man Instrumente mit doppelter Skale benutzt.

Eine Eingabe der Bayerischen Akademie an die Reichsregierung vom 8. Januar 1918 mit dem Ersuchen, ein Einheitsthermometer einzuführen, hat der Reichsanstalt Veranlassung geboten, ihre Aufmerksamkeit erneut auf diese Frage zu richten. Ihrer Lösung stehen Schwierigkeiten nicht allein von seiten der Verbraucher entgegen, die von der alten Gewohnheit ungern ablassen, sondern auch von seiten der Fabrikanten. Denn obwohl diesen die Einführung einer einheitlichen Skale nur willkommen sein müßte, da sie die Anfertigung der Thermometer vereinfacht, so verhindert doch die Spaltung der Thermometerindustrie in viele Kleinbetriebe ein gemeinsames Vorgehen. Zur Beseitigung des herrschenden Übelstandes hatte die Bayerische Akademie vorgeschlagen, die Anfertigung von Réaumurthermometern gesetzlich zu verbieten. Der Anwendung dieses Mittels wird vielfach aus den Kreisen der Verbraucher und der Fabrikanten zugestimmt. Ein solches Verbot ließe sich vielleicht zweckmäßig mit der Definition der Celsiusskale als gesetzliches Temperaturmaß vereinigen, da nach dieser Richtung noch eine Lücke im Gesetz vorhanden ist.

Ausdehnung und Zerreißfestigkeit von Aluminium.

Die Ausdehnung des Aluminiums wurde an den von der Metallkommission beschafften Drähten III und IV von 6 mm Durchmesser und 98,8 bzw. 99,6 % Reingehalt gemessen, und zwar in beiden Fällen nach der Fizeauschen und der Rohrmethode. Sämtliche zwischen -78 und $+500^\circ$ liegenden Beobachtungen lassen sich mit hinreichender Genauigkeit durch die Formel

$$l_t = l_0 [1 + (22,9 t + 0,009 t^2) 10^{-6}]$$

darstellen. Ein Unterschied in der Ausdehnung der beiden Reinheitsstufen ist nicht nachweisbar.

Die Zerreißfestigkeit wurde außer an den beiden vorstehend genannten Proben auch an Aluminium II mit 98,4 % Reingehalt bei drei verschiedenen Temperaturen gemessen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle enthalten; die Dehnung vor dem Bruch ist für ein ursprünglich 6 cm langes Stück des Versuchsdrahtes berechnet.

Aluminiumdraht von 6 mm Durchmesser.

Temperatur	Zerreißfestigkeit in kg/mm ²			Bruchdehnung		
	Al II	Al III	Al IV	Al II	Al III	Al IV
20°	13,2	13,2	12,8	8,0 %	8,2 %	—
100°	11,2	10,6	10,5	—	9,1 „	15,3 %
200°	—	6,7 ₁	6,7 ₅	—	13,7 „	16,8 „

An Drähten von 3 mm Durchmesser von Aluminium II und III wurde übereinstimmend bei Zimmertemperatur eine Zerreißfestigkeit von 17,1 kg/mm² gemessen.

Chemisches Laboratorium.

Außer mit einigen Prüfungen über die Verwitterbarkeit von optischen Glasarten beschäftigte sich das Laboratorium hauptsächlich mit dem Ausbau der Methoden zur Reinherstellung von Metallen, worunter besonders Nickel, Kobalt und Eisen genannt werden. Umfassende Versuche beziehen sich auf Aluminium. Als Ausgangsmaterial diente hier das im Eingang dieses Berichts erwähnte, in gegossenen Barren vorliegende „Aluminium IV“. Die weitere Reinigung des an sich schon wertvollen Materials wurde auf drei verschiedenen Wegen versucht.

A. *Extraktion auf nassem Wege.* Das geschmolzene Metall wird während der Erstarrung zu Pulver verrührt und dieses wird wiederholt mit verdünnter Salzsäure extrahiert. Ausbeute 80 % der III. Reinigungsstufe.

B. *Wiederholte Kristallisation aus dem Schmelzfluß.* Das unter Mitwirkung von Kaliumbisulfat umgeschmolzene Metall wird durch Abkühlen unter Umrühren zur Kristallabscheidung gebracht; ein kleiner Rest noch flüssigen unreinen Metalls wird durch Aufsaugen in Glasröhren entfernt. Die öftere Wiederholung dieses Vorgangs ergab ebenfalls eine Ausbeute von 80 % der III. Reinigungsstufe.

C. *Fraktioniertes Schmelzen.* Das in massiven Gußstücken vorliegende Metall wird langsam im Wasserstoffstrom bis zur Schmelztemperatur erwärmt. Dabei werden die „eutektischen Legierungen“ der Fremdstoffe, welche den Schmelzpunkt erniedrigen, zuerst flüssig und können durch Filtration von den schwammförmig zurückbleibenden reineren Aluminiumkristallen getrennt werden. Eine mehrfache Wiederholung dieses Vorganges ist motiviert durch die Eigenschaft des geschmolzenen Metalls, beim Erstarren tropfenförmige Kristallaggregate abzusondern, welche immer Teilchen einer weniger reinen Kittmasse enthalten. Die Ausbeute wird dadurch sehr verringert. Bei dreifacher Wiederholung erhielt man 5 % eines gereinigten Aluminiums mit 0,05 % Fremdstoffen.

Die Aluminiumtechnik hat sich auf Anregung der Reichsanstalt erboten, größere Mengen Aluminiums der dritten Reinigungsstufe (Feingehalt wenigstens 99,90 %) herzustellen. Solches „Feinaluminium“ würde für viele physikalische, chemische und technische Zwecke von Nutzen sein. Nimmt man es als Ausgangsmaterial für die weitere Reinigung, so wird es nach der Methode C voraussichtlich gelingen, das Metall bis zur vierten Stufe, welche dem normierten Zink entspricht, von den Fremdstoffen zu befreien. Im Gegensatz zum technischen Aluminium, welches auf verdünnte Salzsäure stürmisch reagiert, sind die

Kristalle des reinen Metalls in Salzsäure sehr schwer löslich.

Präzisionsmechanisches Laboratorium und Werkstatt.

Prüfungstätigkeit.

Zur Prüfung eingereicht waren 4 Maßstäbe, 124 Endmaße, 6 Stahlkugeln, 3 Gewindebohrer, 3 Leitspindeln, 8 Sphärometerringe, 8 Stimmgabeln verschiedener Tonhöhe, 4 Ponceletöffnungen, 1 Spektrometerteilkreis, 3 Stoppuhren.

Vorbereitungen für die Normalienprüfungen.

Die gegen das Vorjahr etwas geringere Inanspruchnahme durch Prüfungsarbeiten ermöglichte den weiteren Ausbau derjenigen Meßeinrichtungen, welche zur Prüfung wichtiger vom Normenausschuß der deutschen Industrie angenommenen Einheiten dienen sollen. Die hierzu bereitgestellten Apparate sind eine Schraubenmeßmaschine, eine Dickenmeßmaschine, ein Schnellvergleichs für plattenförmige Endmaße. Ferner war vorzubereiten die Herstellung und absolute Messung von Normalendmaßen, Temperiereinrichtungen für Endmaßprüfungen, endlich Richtmaße für Brillengläser.

Der von dem Normenausschuß der Deutschen Industrie eingesetzte Ausschuß für Normaltemperatur hat im November 1918 über seine Arbeiten berichtet. Die wesentlichsten Beschlüsse dieses Ausschusses lauten:

1. Die Maße und Lehrwerkzeuge der deutschen Industrie sind auf 20° C zu beziehen.
2. Die Meßbehörden sind aufzufordern, die Prüfung der Industriemaße bei 20° C vorzunehmen.

Die endgültige Annahme dieser Beschlüsse ist noch nicht erfolgt. Die Entscheidung sollte auf Grund eines Fragebogens geschehen, der im November 1918 an über 1500 Firmen der deutschen Industrie versandt wurde. Die Aufforderung unter 2. ist auch der Reichsanstalt zugegangen, welche hierzu in einem gemeinsam mit der Normaleichungskommission verfaßten Antwortschreiben wie folgt Stellung genommen hat: „Die unterzeichneten Behörden sind zwar auch in Zukunft gern bereit, solche Maße und Meßwerkzeuge, die auf eine andere als die Normaltemperatur (0° C) des metrischen Systems bezogen sind, zu untersuchen und mit Fehlerbescheinigungen zu versehen, falls die Bezugstemperatur auf dem Meßkörper untrennbar und unzweideutig angegeben ist. Dagegen kann eine Verpflichtung, die Prüfung bei einer bestimmten Temperatur vorzunehmen, nicht eingegangen werden, vielmehr müssen sich die Behörden vorbehalten, im einzelnen je nach der verlangten oder bei dem zu prüfenden Meßgerät erreichbaren Genauigkeit oder nach den sonstigen Umständen selbst zu entscheiden, in welcher Weise und mit welcher Annäherung an die Bezugstemperatur sie die Prüfungen ausführen wollen. Da in den Beglaubig-

gungsscheinen wie bisher die Genauigkeit angeführt sein wird, die den darin gegebenen Zahlenwerten zukommt, so ist damit schon eine Gewähr für die sachgemäße Berücksichtigung der Prüftemperatur gegeben.“

Veröffentlichungen.

Ein Anhang zum Bericht enthält in üblicher Weise ein Verzeichnis der im Jahre 1918 aus der Reichsanstalt hervorgegangenen amtlichen und privaten Veröffentlichungen.

Die Zahlenkonstanz im Aufbau des biologischen Zellenstaates. (Zellkonstanz.)

Von E. Martini, Hamburg.

Man hat den Organismus eines Tieres, einer Pflanze, eines Menschen wohl mit einem Zellenstaat verglichen. Abgesehen davon, daß histologisch der Vergleich manchmal auf einige Schwierigkeit stößt, unterscheidet sich solch ein Zellenstaat in der Regel von den entsprechenden menschlichen Einrichtungen durch die viel straffere Organisation und die viel festeren sozialen Instinkte. Streiks, Streitigkeit, Versagen von Organen durch Lässigkeit einzelner oder Unfolgsamkeit anderer gegen die Zentralgewalt kommen offenbar im Zellenstaat sehr viel seltener vor als im menschlichen.

Im einzelnen kann man sich im Zellenstaat aber doch eine ziemliche Freiheit denken. Ein Blatt hat mehr Zellen als das andere, und die kleine Lebensgemeinschaft, die dasselbe zusammensetzt, gliedert sich, je nach Saftstrom und Licht, oft recht verschiedenartig. Ein Zweig hat mehr Blätter und Knospen als der andere. Zwei gleichalte Eichbäume können recht verschieden aussehen.

Sind bei den meisten Tierarten auch die Formen bestimmter als bei den Pflanzen, so sind doch im einzelnen die Proportionen verschiedener Personen nicht die gleichen; bei dem einen sind die Arme, bei dem anderen ist der Kopf stärker entwickelt, ein großer Hund ist ein volkreicherer Staat als ein kleiner. Und was die Berufswahl betrifft, so könnte den jungen Zellen ebenso alles offen stehen, wie den jungen Menschen, einzig mit einer gewissen Einschränkung durch die Stelle ihrer Geburt, die aber selbst wieder zum großen Teil durch die freie Wahl ihrer Vorfahren bestimmt wäre. Infolge dieser Stellung durch Geburt mögen Druck- und Spannungswirkungen, Dottergehalt und Lage zur Außenwelt recht verschieden sein und die Zellen in verschiedener Richtung beeinflussen. Im übrigen aber befinden sich die Zellen in einem Wettstreit um Beruf und Nahrung, und siegreichen Gewbezirken, die eine günstigere Stellung errungen haben, wird eine stärkere Entwicklung zuteil. So hat *Wilhelm Roux* von einem Kampf der Teile im Organismus gesprochen. Jedenfalls ist die ur-

sprüngliche Gleichwertigkeit der Keimesteile unter sich der Sinn strenger epigenetischer Anschauung.

Die Haeckelsche Schule nahm an, daß die Keime, etwa die Echiniden-Blastula, sich noch heute wie die Vorfahrenkolonie die Blastaa, aus einer Anzahl unter sich im wesentlichen gleichwertiger Teile zusammensetzen. Und wenn damals Druck und Zug infolge verschiedener Ernährungsbedingungen der Zellen beim Schwimmen der Kolonie und dadurch hervorgerufenen verschiedenen Wachstum ihrer einzelnen Teile zur Differenzierung und Bildung des Gastraa führte, so muß jetzt jeder Keim infolge der Macht der Vererbung die stammesgeschichtlichen Wandlungen seiner Vorfahren wiederholen, und ein Teil der ursprünglich gleichartigen Zellen muß sich durch Einstülpung zum Urdarm umbilden.

Driesch, der sich sagte, daß es doch ein Wunder sei, wie diese aus völlig gleichartigen Zellen bestehenden Blasen sich in ihren Teilen nachher so völlig verschieden verhalten könnten, und den offenbar die zeitliche Fernwirkung präkambrischer Vorfahren, die die Haeckelsche Schule auf Schritt und Tritt zur Erklärung heutigen Entwicklungsgeschehens heranzieht, nicht befriedigte, wurde hier zur Annahme einer immateriellen Lebenskraft geführt. Die nicht im Stofflichen begründete Fähigkeit eines Lebewesens, immer auch aus Stücken und aus völlig homogenem Zellmaterial die ihm eigentümlichen Formen zu entwickeln, nennt er *Entelechie*. Diese ist also gewissermaßen die Volksseele der Zellen, welche sich den Zellenstaat schafft.

Die letzte Zeit hat uns nun gezeigt, daß es im Zellenstaat doch nicht überall so frei hergeht. Als ich studierte, lernten wir, daß die Organismen aus Zellen aufgebaut seien, deren Zahl in sehr erheblichen Grenzen schwanken können. Daß dies nicht immer so sein müsse, hat *Weismann* schon vermutet und geäußert, daß bei kleinen und einfachen Formen vielleicht jede einzelne Zelle vom Ei ab festbestimmt sein könnte, so daß die Zellen des erwachsenen Tieres nicht nur nach Zahl, sondern auch nach Stellung einer jeden völlig festbestimmt sein würden. Dies hat die neuere Forschung bestätigt.

Während nun die Klärung, die *Weismanns* Kritik in die Vererbungsfrage gebracht hat, auch heute noch der Wissenschaft von großem Nutzen ist, ist sein Erklärungsversuch der Vererbung inzwischen wohl allgemein verlassen und durch andere Theorien ersetzt, die mit andersartigen Bestimmungseinheiten arbeiten. Trotzdem hat sich die Voraussage dieses großen Forschers über die Möglichkeit kleiner, nur aus wenigen Zellen ganz gesetzmäßig aufgebauter Tiere bestätigt.

Allerdings ging diese Bestätigung nicht von den Fragen der Vererbung und dem Für und Wider gegen die *Weismannsche* Lehre aus, sondern vom Gebiet der Entwicklungsgeschichte. Unter vielen sehr genauen Arbeiten über die

erste Entwicklungsgeschichte wirbelloser Tiere finden sich Arbeiten von zur *Strassen*, *Boveri*, *Zoja*, *Ziegler* und *Spemann*, die an diesen Rundwürmern das sogenannte Cellineage festgestellt haben: Bei vielen Eiern treten die aufeinanderfolgenden Zellteilungen in durchaus gesetzmäßigen Richtungen auf, und jede zu einer völlig gesetzlich geregelten Zeit, so daß man bei gleichaltrigen Keimen die entsprechenden Zellen bei jedem Stück wiederfinden kann, und es möglich ist, nach einem bestimmten Benennungsverfahren jeder Zelle einer bestimmten Entwicklungsstufe ihren Namen zu geben. Sie ist in jedem Keim des betreffenden Stadiums ihrer Art vorhanden, immer an genau der gleichen Stelle und in gleichen Beziehungen zur Umgebung. Die Erforschung dieses Stammbaums der frühesten Keimzellen und ihrer gegenseitigen räumlichen Stellung nennt man die Cellineage-Forschung, und es ist in der Tat bereits für sehr viele Tiergruppen eine übereinstimmende Benennungsweise dieser Keimzellen allgemein üblich geworden. Solche Gesetzmäßigkeiten bis zu weit fortgeschrittenen Stadien findet man bei Strudelwürmern, Nemertinen, Rädertieren, *Rundwürmern*, den marinen Ringelwürmern, Blutegeln, Muscheln und Schnecken, Rippenquallen, Seescheiden und anderen Tieren.

Bei der Untersuchung der Entwicklung des Kappenwurmes, eines kleinen Rundwurmes, der in den Eingeweiden von Barsch schmarotzt, rückichtlich der Keimblätterbildung fand der Verfasser nun, in der Untersuchung der Zellteilungsfolgen über die Vorgänger hinausgehend, so lange anhaltend diese Gesetzmäßigkeit, daß er annehmen mußte, daß die junge Larve noch eine ähnliche weitgehende Bestimmtheit in Zahl und Ordnung der Zellen aufweisen würde, wie man sie bisher im wesentlichen nur von jüngeren Entwicklungsstufen kannte. Das wurde bestätigt durch eine genaue Untersuchung eben dieser jungen Larven, soweit bei der Kleinheit des Tieres und der engen Zusammenpackung der Zellkerne eine solche möglich war. Daraus ergab sich, daß das Vorderende ungefähr 200 Kerne enthalten mag, die nicht genau festgelegt werden konnten, der Vorderdarm 66 Kerne enthielt, der Mitteldarm 16, der Enddarm 12, die Geschlechtsanlage 4, eine besondere Zellgruppe über dem Enddarm 4, in den Seiten neben demselben je 5, ein paar kleine Ganglienzellen in der Seitenlinie 2, das Ektodermal-Epithel 72. Die Ventrallinie umfaßte ungefähr 100 Kerne. Eine junge Rundwurmlarve ähnelt nun so sehr in allen Organen dem fertigen Rundwurm, daß die Bezeichnung Larve kaum am Platze ist, da bei vielen Formen die Unreife der Geschlechtsorgane fast der einzige erhebliche Unterschied zu sein scheint, von der Körpergröße abgesehen.

Es lag daher der Gedanke sehr nahe, daß es Tiere geben könnte, die, obwohl erwachsen und geschlechtsreif, doch ebenso, wie diese Larven

wahrscheinlich es waren, aus einer ganz bestimmten Zahl gesetzmäßig geordneter Zellen sich zusammensetzen. In der Tat waren gerade bei den Rundwürmern einschlägige Beobachtungen von verschiedenen Forschern bereits gemacht, so von *Hesse* über Nervenfasern, von *Volzenlogel* über Zellen im Schwanzende des Männchens, von *Jägerskjöld* über die Nierenorgane, von *Loos* über die Schlunddrüsen.

Sehr erweitert wurden diese Dinge durch die Untersuchungen von *Goldschmidt* über das Nervensystem von *Ascaris*, die Zellkonstanz ergaben, sowie die Untersuchung *Martinis* über die Muskulatur des Madenwurmes vom Pferd, die im ganzen 65 Muskelzellen in unsymmetrischer Verteilung umfaßt.

Martini versucht nun Näheres über diese Erscheinung im Tierreich festzustellen und bezeichnet sie mit dem Namen Konstanz histologischer Elemente. Später wird in der Literatur meist kurzweg von Zellkonstanz gesprochen. Was im allgemeinen unter diesem Begriff zu verstehen ist, geben folgende Sätze aus der Bearbeitung der *Oicopleura longicauda* wieder. Die Konstanz histologischer Elemente ist nicht als etwas absolut Starres anzusehen, vielleicht ist sie stereotyper, in manchen Fällen vielleicht variabler als z. B. die Körpermuskulatur des Menschen, die auch aus einer bestimmten Anzahl Muskelindividuen aufgebaut ist. Varietäten kommen hier zahlreich vor. Aber auch sie sind wieder typisch, ganz bestimmte Varietäten an ganz bestimmter Stelle, z. B. das Fehlen des *Palmaris longus*, *plantaris* oder *Psoas minor*, das Auftreten eines *Sternalis*, Verdoppelung des *Abductor pollicis longus*, oder akzessorischer Bizepskopf. Dadurch wird keiner die Homologie der Muskelindividuen bei verschiedenen Körpern als widerlegt ansehen, und der Grundplan ist nicht geändert. Wie wir bei Tieren, z. B. *Homo*, das Skelett im ganzen konstanter finden als die Muskulatur, so mag die Zellkonstanz auch in einem Organsystem starrer als im anderen sein.

Inzwischen sind nun weitere Tiere unter diesem Gesichtspunkte untersucht worden, und es haben sich Formen gefunden, die nur in einzelnen Teilen ihrer Körper Zellkonstanz aufweisen, neben andern, in denen dieselbe den ganzen Körper beherrscht. Die Hauptuntersuchungen beziehen sich auf *Fritillaria pellucida*, *Hydatina senta*, beide vom Verfasser auf mehreren Arten der Gattung *Eorhynchus* von *van Cleave* und auf *Oxyuris curvula* wieder vom Verfasser.

Hydatina senta entspricht so recht der Weismannschen Hoffnung. Es handelt sich um ein kleines Rädertier, von ungefähr 0,3 mm Länge, glashell, durchsichtig, dem daher *Ehrenberg* den deutschen Namen großes Kristallfischchen gab. Das Tierchen kommt häufig in nicht ganz reinem Wasser zwischen grünen Geißeltierchen (Flagellaten), besonders Euglenen vor, von denen es sich mit Vorliebe zu ernähren scheint. Dieses kleine

Tier hat einen sehr verwickelten Wimperapparat, der ihm bald als Bewegungsorgan, bald zum Herbeistrudeln der Nahrung dient, besitzt eine gut entwickelte Längs- und Ringmuskulatur, ein Nervensystem mit Gehirn und mehreren davon ausgehenden, zum Teil mit Ganglienzellen besetzten Nerven nebst mehrfachen Sinnesorganen, sein Darm ist in verschiedene Abschnitte gegliedert und mit Verdauungsdrüsen versehen, während der Kauapparat außerordentlich verwickelt gebaut ist. Das Ausscheidungsorgan ist aus zweierlei Elementen zusammengesetzt. Trotzdem besteht das Tierchen nur aus im ganzen 959 Zellen, die sich auf die Organe in folgender Weise verteilen:

Subcuticulazellen des Körpers und	
Schwanzes	108 Kerne
Drüse des Fußes	19 „
2 Bipolarzellen	2 „
Cingulum	46 „
Trochus	19 „
Mundbucht	43 „
Zwischen-Trochus und Cingulum	28 „
Bipolare Zellen der Krone	36 „
	<hr/>
	301 Kerne
Pharynx:	
Epithelzellen 75 mit	91 Kernen
Muskelzellen 38 mit	42 „
Nervöse Zellen im Mittellappen	22 „
Ganglien und zweifelhafte Zellen	
(außerhalb des Mittellappens)	12 „
	<hr/>
	137 Zellen mit 165 Kernen
Darm:	
Oesophagus	15 Kerne
Magen im engeren Sinne:	
Hauptzellen	30 „
Belegzellen	5 „
Drüsen	12 „
Darm	14 „
	<hr/>
	76 Kerne
Genitalorgane ohne Keimzellen	19 „
Harnapparat: Flimmerrohr 12 Kerne	
Drüsenrohr 10 „	
Blase	2 „
	<hr/>
	24 Kerne
Eingeweidemuskulatur	34 Kerne
Muskulatur des Ring-	
systems	22 „
Muskulatur des Längs-	
systems	40 „
Kleine Muskeln	24 „
	<hr/>
	122 Kerne
Nervensystem:	
Fußganglien	23 Kerne
Sonstige kleine Gan-	
glien	41 „
Gehirn	183 „
	<hr/>
	247 Kerne
Retrocerebralorgan	4 „
Für das ganze Tier	959 Kerne
Die Muskeln sind zum Teil nur einzellig, zum	

Teil aus wenigen Zellen zusammengesetzt, aber in Ursprung und Ansatz, besonders auch rückichtlich der Verzweigung einzelner Zellen äußerst charakteristisch. Ebenso sind die Sinneszellen meist einzellig, und in der Wimperkrone, die das Vorderende des Tieres ausrüstet, hat jede Zelle auch eine Bedeutung für sich, wie es jeder einzelne Muskel hat. So wird man sich vielleicht nicht wundern, daß hier Zellkonstanz herrscht. Aber viel merkwürdiger ist es, daß sie sich auch an Organen ausbilden konnte, wie der allgemeinen Körperhaut und der Darmwand, die auf großen Strecken durchaus gleichwertige Leistungen haben und von unter sich ganz gleichwertigen Zellen aufgebaut sind, ja in denen man streckenweise eigentlich gar nicht von gesonderten Zellen sprechen kann. Der Darm (Hintermagen) und die allgemeine Körperhaut stellen sich viel mehr als sogenannte Syncytien dar, in denen nur hier und da ein Kern liegt, und doch hat eben jeder dieser Kerne seinen ganz bestimmten Platz und ihre Zahl ist stets ganz dieselbe.

So liegt hier eine verblüffend weitgehende Gesetzmäßigkeit vor, die wohl ohne Frage das Ergebnis einer von Zellteilung zu Zellteilung streng gesetzlich fortschreitenden Entwicklung ist. Trafen wir doch die Rädertiere auch unter den Formen, für die schon vorher das Cell-Lineage weitgehend erforscht war.

Da nun einzelne Rädertiere merkwürdig genaue Übereinstimmung in einzelnen untersuchten Organen mit unserem Kristallfischchen haben, sprach Verfasser schon 1912 die Meinung aus, daß es Tierarten, vielleicht gar Gattungen geben könne, die sich nicht durch das Mehr oder Weniger auch nur einer einzigen Zelle voneinander unterscheiden, sondern lediglich durch die Art der Ausbildung homologer Zellen.

Eine gewisse Bestätigung dieser Anschauung hat nun 1914 die schöne Arbeit von *van Cleave* über die Gattung *Eorhynchus* gebracht. Hier handelt es sich um Würmer, sogenannte Kratzer, Schmarotzerwürmer, die mit einem dornbewehrten Rüssel an der Darmwand der Wirtstiere festhängen.

Von den 5 genau untersuchten Arten sind zwar bei keiner die Zellenzahlen aller Organe vollständig analysiert, da der Auflösung einzelner Organe sich sehr erhebliche Schwierigkeiten in den Weg stellten. Doch ist jedes Organsystem wenigstens bei einer Art untersucht. In jedem untersuchten Organ hat sich Zellkonstanz ergeben, und es ist daher kein Grund anzunehmen, daß irgendeine Art dieser Gattung in irgendeinem Organ nicht konstantzellig sein sollte. Drei Arten aber stehen sich besonders nahe: *emydis*, *cylindratus* und *tenellus*. Bei ihnen zeigen nun alle untersuchten Organe durchgehend dieselbe Zellkonstanz, während *gracilisentis* und *longirostris*, die sich wieder untereinander näher zu stehen scheinen, in einigen Punkten von den anderen abweichen.

Man hat hier also wahrscheinlich den Beleg für die Auffassung, daß es in der Tat gute Arten geben kann, die nicht durch die Verschiedenheit einer einzigen Zelle, sondern lediglich durch Verschiedenheiten in der Gestalt homologer Zellen sich voneinander unterscheiden.

Ein anderes einschlägiges Beispiel scheint *Temnocephala* zu sein, eine Form, die einer kleinen, aber morphologisch wohl den Turbellarien und Trematoden gleichwertigen Gruppe angehört.

Merton schreibt: „Auf Grund meiner Untersuchungen bin ich überzeugt, daß die Zahl der Zellen und Zelldifferenzierungsprodukte bei *Temnocephala* genau fixiert ist. Die Parenchymzellen (s. S. 15) und Nephridialzellen, die Nervenfasern usw. sind nicht nur genau symmetrisch angeordnet, sondern bestimmte Zellen lassen sich auch bei verschiedenen Individuen von *T. rouxii* genau wieder auffinden. Nach diesen Befunden an den verschiedensten Geweben ist es wahrscheinlich, daß diese genaue räumliche Fixierung der einzelnen Zellelemente auch für die Anordnung des Nervensystems ihre Geltung besitzt. Ein exakter Beweis ist es nicht, aber mit sehr viel Wahrscheinlichkeit können wir behaupten, daß *Temnocephala* zu denjenigen Organismen gehört, deren Zellenzahl genau fixiert ist, wie das z. B. für einzelne Nematoden, Rotatorien und Appendicularien nachgewiesen worden ist (Goldschmidt 08, Martini 08 und 12).“

Wir sagten aber schon, daß solchen Beispielen durchgehender Zellkonstanz andere gegenüberstehen, in denen nur einige Organe solche Gesetzmäßigkeit besitzen. Dahin gehören die Appendicularien und die Nematoden. Die Appendicularien sind kleine Seetiere, durchsichtige Organismen aus der Klasse der Manteltiere oder Tunicaten, die in nahe Beziehung zu den einfachsten Wirbeltieren gebracht werden. Durch den an den vordern dicken Rumpf angesetzten Ruderschwanz erhalten sie ein kaulquappenartiges Aussehen. Im inneren Bau zeigen sie, wie gesagt, vielerlei Beziehungen zu *Amphioxus* und den Wirbeltieren.

Die größere Art von den beiden vom Verfasser genauer untersuchten Formen, *Oic. longicauda*, ließ weit weniger Zellkonstanz erkennen als die kleinere *Fritillaria pellucida*.

Bei ersterer ist das ganze Epithel der Körperdecke nicht konstantzellig bis auf ein besonders geartetes Drüsenepithel. Auch in den Darmzellen ließ sich Zellkonstanz nicht nachweisen, sie betraf also nur die Zellen der inneren Organe des Schwanzes: Nerven, Muskeln, Chorda sowie das Nervensystem im Rumpfe.

Das besonders geartete Drüsenepithel im Vorderende ist ein für unsere Tiere ganz besonders wichtiges Organ, denn es sondert das Gehäuse derselben ab, das den Oicopleuren als passiver Schwimmapparat und als Reuse zum Fang kleinster Planktonorganismen dient. Zu letzterem Zweck ist das Gehäuse aus einzelnen Kammern, feinfädigen Reusen und Sieben zusammengesetzt.

Da aber das Tier beim Bau dieses reichgegliederten Werkzeuges nicht wie die Spinne mitbaut, sondern es einfach der genauen Ordnung und verschiedenen Leistung seiner Hautdrüsenzellen, der sogenannten Oicoplasten überläßt, das Ganze auszuschneiden, ist es kein Wunder, daß hier eine ungeheure Präzision der Anordnung vorliegen muß, wenn auf rein sekretorischem Wege etwas entstehen soll, was das vielbewunderte Spinnennetz an Feinheit und Zweckmäßigkeit unendlich weit hinter sich läßt. In der Tat ist der Apparat so fein, daß wir in seinen Maschen kleinste Meerestiere finden, die unseren gröberen Fangmethoden meist entrinnen, und daß das Studium



Fig. 1.

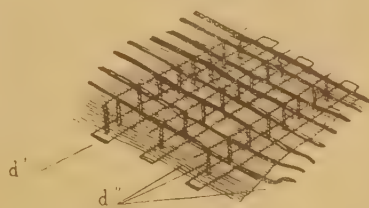


Fig. 2.

Das Tier hellgrau, in der Fig. 1 sitzt es in der Wohnkammer, erzeugt durch Schlängelungen des Schwanzes einen Wasserstrom, der bei seinem Eintritt durch Gitter 1 von gröberen Stoffen befreit wird. Er strömt dem Fangnetz 6 zu, in dessen Reuse, von welcher Fig. 2 ein Bild bei starker Vergrößerung zeigt, die feinsten Teilchen abfiltriert werden, und verläßt durch die Ausflußöffnung 2 das Gehäuse 6, von Zeit zu Zeit schlürft das Tier mit dem Mundrohr 5 den Fang aus dem Reusenraum ab. Erschreckt, oder wenn der alte Filterapparat sich vollgesetzt hat, stützt das Tier seine Schwanzspitze gegen die raue Platte 4, streckt den Schwanz plötzlich und verläßt das Gehäuse durch die Fluchtöffnung 3, die Verschlussmembrane derselben durchbrechend, und sondert dann alsbald ein neues Gehäuse ab.

der Oicopleurenbeute ein wichtiges Unterstützungsmittel in unserer Kenntnis der kleinsten Geschöpfe des Meeres ist.

Bei den kleineren Fritillarien sind nun nicht nur die Muskeln, Chordazellen, Oicoplasten, Nervenzellen und die Zellen der Sinnesorgane, sondern auch die des Herzens, des Mittel- und Enddarmes sowie eines großen Teiles der nicht besonders ausgebildeten Körperdecke durchaus konstant. In anderen Teilen schwankt die Zahl der Zellen nur in einer bescheidenen Grenze, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Schwankungen erst ziemlich spät als Folgen direkter Kernteilungen auftreten. Immerhin steht die

Zahl der konstanten zu der Zahl der nichtkonstanten Zellkerne ungefähr im Verhältnis 3 : 1, und der konstantzellige Körperteil ist bei weitem der größere.

Anders ist das Verhältnis bei den Rundwürmern. Wenn es auch nicht ausgeschlossen erscheint, daß sich erwachsene Rundwürmer mit völliger Zellkonstanz finden, so sind doch bisher fast stets drei Organsysteme sehr kernreich gefunden und lassen Zellkonstanz oder Kernkonstanz nicht erkennen, ja sogar für völlig ausgeschlossen halten, das sind der Mitteldarm und der größere Teil des äußeren Hautepithels sowie die Gänge der Geschlechtsorgane. Einzelne Nematoden dürften vielleicht im Mitteldarm Zellkonstanz besitzen. In der äußeren Haut haben sie bestimmt mehrere in Rücksicht auf zwei Reihen großer genau in den Seitenlinien des Körpers gelegener Zellen, die bei vielen Arten mächtig ausgebildet, bei anderen sehr klein und bei vielen anscheinend noch übersehen sind. Der übrige Teil der Haut sowie die Geschlechtsorgane haben aber noch bei keinem Rundwurm Andeutungen von Zellkonstanz ergeben. Aber merkwürdigerweise spricht auch hier Verschiedenes dafür, daß die Kernvermehrung in diesen Organen durch direkte Kernteilung erfolgt.

Bei den Rundwürmern steht die Zahl der konstanten Kerne weit hinter der der inkonstanten zurück, obwohl auch hier erstere, besonders bei den Männchen und den freilebenden Formen, bei denen die Substanz der Geschlechtsorgane keinen so ungeheuren Teil der gesamten Körpermasse ausmacht, wie bei den großen Parasiten aus Wirbeltieren, bei weitem die Mehrzahl der Organe zusammensetzen und vielfach wohl über die Hälfte der Körpersubstanz verwalten.

Bei den großen Wirbeltierparasiten ist aber auch die Zahl der Muskelzellen so groß, daß man schwerlich mit Sicherheit für sie alle Gesetzmäßigkeit der Anordnung wird feststellen können, und dennoch sprach *Goldschmidt* an der Hand seiner Untersuchungen am Nervensystem und seiner Kenntnis der Innervierungen die Vermutung aus, daß wenigstens für das Kopfende die Zahl der Muskelzellen konstant ist.

Die Schwierigkeit, auf die wir bei diesen großen Arten treffen, daß die Zahl der Zellen so erheblich wird, daß ihre Zählung und Lagebestimmung sehr schwer, ja wohl unmöglich, und somit die Feststellung ihrer Konstanz vor der Hand unausführbar wird, begegnet uns natürlich bei vielen größeren Tieren. Dennoch wissen wir hier und da etwas Einschlägiges. So lassen die Untersuchungen von *Apathy* am Nervensystem des medizinischen Blutegels vermuten, daß auch hier Zellkonstanz waltet, und dieselbe finden wir unter den Krebstieren in den pigmentierten Bindegewebszellen der Mysisarten, bei denen sie infolge der Größe dieser Zellen leicht nachweisbar ist.

Ich will nicht auf alle Einzelheiten hier eingehen, nur sei auf die reizvolle entwicklungs-

mechanische Frage hier hingewiesen, wie kommt es, daß eine bestimmte Anzahl Bindegewebszellen jede richtig an ihrem Platz zur Ausbildung kommt, wenn die ganze Umgebung nicht konstantzellig ist?, oder sollten die Gliedertiere in weit höherem Maße konstantzellig sein, als wir heute ahnen? Wie reich an verschiedenen Ausführungen desselben Modells, sogar nach recht verschiedenem Stile, die Natur trotz Zellkonstanz innerhalb der Arten sein kann, zeigen uns ja die Rädertiere.

Wenn auch die Fälle von Zellkonstanz bei Entwicklungsstadien, Larve usw., nicht strenggenommen zu unserem Thema gehören, da das ursprünglich gestellte Problem ja die Frage aufwarf, ob es fertige geschlechtsreife Tiere gibt, die nur aus einer bestimmten Zahl gesetzmäßig geordneter Zellen bestehen, so mag doch darauf verwiesen werden, daß entsprechende Verhältnisse auch von einer Reihe Larvenformen bekannt sind, unter denen die von *Woltereck* beschriebene *Polygordius*larve (eines Ringelwurms aus dem Meere) ein besonders schönes Beispiel ist, während Beispiele teilweiser Durchführung unseres Prinzips bei Larven nicht selten zu sein scheinen.

Auffallend werden natürlich die Zellgrößen bei großen konstantzelligen Tieren, wie wir sie gerade bei den Parasiten finden. So erreichen die Muskelzellen von *Oxyuris curvula* über 5 mm Länge, und ihre Kerne lassen sich mit schwacher Lupe gut erkennen. Bei verwandten Formen scheint dann diese Zellarmut und Zellgröße wieder überwunden zu sein, so bei den Askariden.

Aber es ist vielleicht überhaupt nicht unwahrscheinlich, daß die Zellarmut, die mit der Konstanz wohl in nahem Zusammenhange steht, ursprünglich nur bei kleinen Tieren sich herausgebildet hat, und daß die größeren Formen eben von kleineren Vorfahren abstammen. So mag die Größe der parasitischen Rundwürmer und Kratzer lediglich eine Folge ihres Schmarotzertums in zum Teil sehr großen Wirten sein. Das sind aber Sachen, die noch weiter einer Prüfung bedürfen, da wir bisher über die Verbreitung der Zellkonstanzerscheinungen in der Tierwelt keineswegs ausreichend unterrichtet sind. Daß dies geschieht, ist wohl auch keineswegs in der nächsten Zeit zu erwarten, da die wissenschaftliche Mode sich sehr entschieden vom Gebiet der Morphologie in der letzten Zeit ab- und physiologischen Aufgaben zugewandt hat.

Wenn man das Eintreffen einer Vorhersage im allgemeinen als einen Beweis dafür ansieht, daß die Theorie, auf Grund deren die Vorhersage erfolgt, richtig sei, so liegt es nahe, nun auch in der nachgewiesenen vollständigen Zellkonstanz bei einzelnen Tieren einen Beweis für die Richtigkeit der Weismannschen Lehre zu finden. Wir glauben das nicht. Wir sehen vielmehr in der Zellkonstanz nur einen Ausdruck derselben formbildenden Kraft, die auch die Konstanz der Organe, ja der Form überhaupt, und innerhalb

der Zellen die Konstanz der für die Art charakteristischen Ausgestaltung einzelner Teile bewirkt. Daß gerade die Zelle als Vermittlerin von einer Generation zur nächsten auftritt und sich vielfach als Baustein der Organismen darstellt, darf uns nicht veranlassen, den Wert der Zellkonstanzerscheinungen in Rücksicht auf die Forschung nach den Grundlagen der Vererbung irgendwie höher zu schätzen als andere morphologische Konstanzerscheinungen. Sie ist aber bemerkenswert, weil sie uns zeigt, wie peinlich auf der einen Seite die Form einer Art, ja eines ganzen Artenkreises vorgezeichnet sein kann, streng geschlossenes Wachstum, gegenüber anderen Fällen, wie sie sich besonders im Pflanzenreiche finden, wo überhaupt kaum noch zu sagen ist, daß die Art morphologisch anders als durch den Habitus und vielleicht die Form einzelner sich zahlreich wiederholender Organe bestimmt sei.

So interessant nun auch sicher die Erscheinungen der Zellkonstanz und der Möglichkeit eines so hohen Grades von Gesetzmäßigkeit sind, so hat die Vorstellung doch etwas sehr Beengendes, wenn man das Leben einer Hydratinkultur sich vorstellt.

Aus jedem Ei gehen durch gleich zahlreiche und der Richtung nach völlig gesetzmäßige Teilungen die gleichen Zellen hervor. Ihre Verschiebungen sind in jedem Individuum die gleichen, so entstehen Würmchen, die sich einander bis auf Teile von Zellen gleichen. In diesen Tieren entstehen die Keimzellen vielleicht in gleicher Zahl, werden von denselben 8 Nährzellen genährt und gehen durch dieselben 3 Zellen nach außen, um parthenogenetisch nach demselben Schema ein neues Individuum zu liefern. Bei solchen Ergebnissen faßt uns etwas die Stimmung Schillers der Newtonschen Weltanschauung gegenüber:

„Gleich dem toten Schlag der Pendeluhr dient sie knechtisch dem Gesetz der Schwere, die entgötterte Natur. Morgen wieder neu sich zu entbinden, wühlt sie heute sich ihr eigen Grab.“

Wir sehen also, daß ein solcher Zellenstaat uns keineswegs anmutet, in dem es nur etatmäßige Stellen in lauter verstaatlichten Betrieben gibt, und jedes Individuum von Jugend auf für die Stellung erzogen wird, die es später einnehmen soll.

Über Beobachtungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie¹⁾.

Von C. Dorno, Davos.

(Schluß.)

Wenden wir uns nun den Fortschritten und Interessen der Geophysik und Astronomie zu. Sie

¹⁾ Freie Bearbeitung eines auf der Jahresversammlung der Schweiz. Naturforsch.-Ges. (7. bis 9. Sept. 1919) in Lugano gehaltenen Vortrages.

sind groß, und in den Vereinigten Staaten feiert dank ihrer *Abbot* gegenwärtig Triumphe. Möchten die Ansprüche, welche solche außergewöhnliche Popularität an die Forscher stellt, der ernstesten Weiterarbeit nicht schaden! Das von *Langley* begründete, von *Abbot* und seinen Mitarbeitern *Fowle* und *Aldrich* mit Hilfe von Millionenstiftungen bei unermüdlichem Eifer, außergewöhnlicher Geistesschärfe, Experimentierkunst, technischer Fertigkeit und Arbeitskraft weit und sicher ausgebauten Verfahren zur Bestimmung der Solarkonstante und des extraterrestrischen Sonnenspektrums, an welches sich vielseitige andere Untersuchungen anschließen, beruht im wesentlichen darauf, daß es ermöglicht, die Energiekurve des gesamten weitgedehnten Sonnenspektrums vom äußersten Ultrarot bis zum äußersten Ultraviolett innerhalb kaum 11 Minuten so genau photographisch zu registrieren, daß beispielsweise die zarte, zwischen den beiden *D*-Linien des Natriums stehende Nickellinie noch zum Ausdruck kommt, und daß gleichzeitig Bestimmungen der Wärmeintensität der Sonnenstrahlung vorgenommen werden mittels von *Abbot* geschaffener, das Angströminstrument übertreffender, gegen strahlenden Einfluß der Umgebung überaus sorgsam geschützter Pyrheliometer. Durch die Kombination dieser beiden Meßarten erhält man sowohl die Energierverteilung als auch die Energie eines jeden beliebigen Spektralteils in absolutem Maß. Liegen mehrere solcher bei recht verschiedenen Sonnenhöhen und unverändertem atmosphärischen Zustande aufgenommenen Kurven vor, so läßt sich durch Extrapolation auf die Gesamtenergie des extraterrestrischen Spektrums und ihre Verteilung innerhalb desselben schließen.

Wer über die Meßmethoden wie überhaupt über das gesamte vielseitige Problem der Sonnen- und Himmelsstrahlung sich näher informieren will, der sei auf den im Erscheinen begriffenen Band von Viewegs „Die Wissenschaft“⁴⁾ verwiesen. Dort findet man das Wesentliche über die Zusammensetzung der Atmosphäre bis in ihre höchsten, auf etwa 500 km zu schätzenden Höhen, die Gesetze, nach welchen sie auf die durchfallende Sonnenstrahlung zerstreut und absorbierend wirkt und die Folgerungen, zu denen dieselben führen, die Polarisation und Farbe des Himmels, die optischen Einflüsse des Wasserdampfgehaltes und kosmischen und tellurischen Staubes u. a. m. Die in dieser Abhandlung gebotenen Kenntnisse dürften als Voraussetzung gelten zum vollen Verständnis der hier folgenden geophysikalischen Erörterungen.

Aus den im wesentlichen *Abbot* zu verdankenden, hauptsächlich auf dem Mount Wilson in Kalifornien in 1730 m Höhe gesammelten Resultaten seien hier einige zusammengestellt; sie sind durch überaus sorgsame und vielseitige Parallelbeobachtungen an mannigfachen Orten der Erde

⁴⁾ C. Dorno, Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung.

kontrolliert und ergänzt, vielfach von deutscher Hand und mit deutschem Geist entsprungenen Meßmethoden und Instrumentarium:

Die Solarkonstante, d. h. die Intensität der Sonnenstrahlung bei ihrem Eintritt in die Erdatmosphäre oder die daselbst einem Quadratcentimeter in der Minute auf dem Wege der Strahlung zugeführte Energie, beträgt in Grammkalorien $1,925 \left(\frac{\text{gr} \cdot \text{kal}}{\text{min} \cdot \text{cm}^2} \right)$. Dies ist ein Mittelwert aus vielen Hunderten von Messungen, in Wirklichkeit schwanken die Werte um einige Prozent in Abhängigkeit von der Sonnentätigkeit derart, daß eine Zunahme der Sonnenflecken mit einer Zunahme des Wertes der Solarkonstante einhergeht. Hierbei entspricht in roher Annäherung einer Vermehrung der Fleckenzahl um 100 eine Vermehrung der Solarkonstante um 0,07 kal. In noch sicherer Beziehung als zur Fleckenzahl scheint die Sonnenstrahlung nach den jüngsten Forschungen zu der Veränderung der Helligkeitsverteilung über die ganze Sonnenscheibe zu stehen: Mit abnehmendem Helligkeitskontrast zwischen Sonnenzentrum und Sonnenrand nimmt der Wert der Solarkonstante ab. Hiernach wären die Strahlungsschwankungen weniger die Folge der Durchbrechung einzelner Stellen der Sonnumhüllung als einer die ganze Sonnenkugel betreffenden Änderung. Periodische Schwankungen von der Dauer einiger Tage hat man zeitweise zu beobachten geglaubt, sie sind aber doch wohl noch nicht als sichergestellt zu betrachten; solche von Stundendauer, welche man in Analogie zu periodischen Helligkeitsänderungen gleichalteriger Fixsterne mutmaßte, müssen, sofern sie vorhanden sind, unterhalb 1% liegen. Die Temperatur der Photosphäre der Sonne berechnet sich sowohl aus der Solarkonstante wie auch aus der Lage des Maximums der Energie innerhalb des Spektrums nach den Stefanschen und Wienschen Strahlungsgesetzen in ziemlich guter Übereinstimmung untereinander auf etwa 6000°C , vorausgesetzt, daß die Sonne wie ein schwarzer Körper strahlt. Nach Abweichungen der Energiekurve des extraterrestrischen Sonnenspektrums von der des schwarzen Körpers muß man die Temperatur höher, zwischen 6000° bis 7000° liegend, schätzen. Auf die Kurven des extraterrestrischen und terrestrischen Sonnenspektrums, ihre Schwankungen, die Gründe des vorzeitigen Abbruchs sowohl auf der kurzwelligen als auch auf der langwelligen Seite, die Ursache der Absorptionsbanden und die Schlüsse, zu denen diese geführt haben, kann nicht eingegangen werden; auch über sie findet sich in der erwähnten Abhandlung das Wichtigste.

Die Solarkonstante ist — wie ohne weiteres einleuchtet — eine der wichtigsten Naturkonstanten für uns Menschen, denn von ihr hängt in erster Linie alles organische Leben ab. Ihre genaue Kenntnis ist daher von der größten Wichtigkeit, und schon aus diesem Grunde hat es an sehr scharfen Kritiken von *Langley-Abbots* Ver-

fahren nicht gefehlt. Soweit sich diese auf Wechsel der Durchlässigkeit der Atmosphäre während der Beobachtungszeit, zu geringes Auflösungsvermögen der Optik, Mangel des Instrumentariums und des Berechnungsverfahrens beziehen, wird man ihnen nicht zu viel Wert beimessen dürfen. Auf der Hand liegt aber, daß über Strahlung, welche am Erdboden nicht anlangt, durch ein Extrapolationsverfahren nichts ermittelt werden kann. Gemeinlich werden doch aber auch die hierdurch einlaufenden Fehler nur auf wenige Prozent geschätzt, und die von *Bigelow* (aus einer nicht-adiabatischen, die Schwerkraft berücksichtigenden Thermodynamik) abgeleiteten Werte von 5,85 an der Grenze der Photosphäre, 3,98 an der Grenze der irdischen Atmosphäre, dürften durch *Verys* und *Abbots* Entgegnungen widerlegt gelten. Seine in den allerjüngsten Tagen aufgestellten vier fundamentalen Formeln und die Konsequenzen, welche er aus ihnen für die Pyrheliometrie zieht, scheinen doch wohl noch ernster Prüfung zu bedürfen. Welch fruchtbare Verwendung ein gesicherter Wert der Solarkonstante für die Geophysik finden kann, haben *Abbot* und *Emden* bewiesen. *Abbot* hat unter Zuhilfenahme ergänzend angestellter Wärmestrahlungsmessungen des wolkenlosen Himmels, der Erde und der (in hohe und niedrige unterschiedenen) Wolken den Wert der Energieabbede der Erde als Planet mit 0,37 abgeleitet und *Emden* hat aus diesem Wert, den Bodentemperaturen und der Solarkonstante die Abnahme der Strahlung der Atmosphäre mit der Höhe und den Wärmeschutz zu berechnen vermocht, welchen die verschiedenen Zonen der Erde in den verschiedenen Jahreszeiten durch den schützenden Luftmantel der Atmosphäre erfahren. Überwiegt doch hiernach überall, außer am Äquator, im Winter die Himmelsstrahlung, und strahlt doch in Mitteleuropa im Januar die Atmosphäre 2- bis 3-mal mehr Wärme zur Erde als die Sonne, weil infolge der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre in dieser Jahreszeit aus den äquatorialen Gebieten mit großen Wärmemengen beladene strahlungsfähige Luftmassen in die höheren Breiten geführt werden. *Emden* behandelt bei diesen Berechnungen die kurzwellige Sonnenstrahlung und die langwellige Atmosphärenstrahlung gesondert und nimmt beide Strahlungsarten als grau mit verschiedenen Absorptionskoeffizienten an. Seine Berechnungen stimmen gut überein mit den durch Messung ermittelten Werten der effektiven Ausstrahlung. Der weiteren Verbreitung dieser Art von Messungen ist das Wort zu reden, und ich möchte hier die Aufmerksamkeit lenken auf das von *K. Angström* geschaffene kleine Instrument „Tulipan“. Es beruht auf dem Prinzip der Kompensation der Abkühlung einer gegen den Himmel ausstrahlenden schwarzen Fläche durch Überdestillation von Ätherdampf. Obwohl fehlerbehaftet, ist das Instrument nach meinen Erfahrungen doch brauchbar und liefert für die Aus-

strahlungsgröße einen Integralwert über die ganze Nachtzeit, welcher eine wertvolle Ergänzung bietet für die Beurteilung der Bewölkungsverhältnisse während der Nacht. Gestreift sei hier, daß es *Fowle* durch Laboratoriumsversuche größten Stils mit 128 und 246 m langen Röhren gelungen ist, aus *Abbotts* Registrierungen eine spektroskopische Methode zur Bestimmung des Wasserdampfgehaltes der gesamten Atmosphäre bis zu ihrer höchsten Grenze abzuleiten, welche an Schärfe nichts wünschen zu lassen scheint und viele Prüfungen durch Registrierungen von Pilotballons erfolgreich bestanden hat.

Zu *Abbotts* oben erwähntem Albedowert des wolkenlosen Himmels steht in richtigem Verhältnis die Parallelzahl, welche der Referent durch ausgedehnte Messungen über den Lichthaushalt der Atmosphäre ermittelt hat. Die rein optischen Erscheinungen haben sich ganz besonders fruchtbar für die Erforschung des Luftmeeres und damit für die Geophysik erwiesen. Sie haben zunächst unter gleichzeitiger Heranziehung der Nordlicht- und Meteorerscheinungen die von *Humphreys* und *Hann* begonnenen, von *Alfred Wegener* systematisch durchgeführten Berechnungen über die Zusammensetzung der Atmosphäre bis zu 500 km Höhe im wesentlichen bestätigt, wobei neben den Dämmerungsphänomen optische Störungserscheinungen reich beigetragen haben. Diese letzteren wiederum machen es, soweit der relativ kurze Zeitraum der Beobachtungen ein Urteil erlaubt, sehr wahrscheinlich, daß eine dauernde Beziehung zwischen diesen Störungserscheinungen und der Sonnentätigkeit besteht, welche man als eine dreifache bezeichnen muß: 1. eine indirekte, indem zur Zeit regerer Sonnentätigkeit auch die Vulkantätigkeit auf der Erde zuzunehmen pflegt und diese in bisher wohl unterschätztem Umfange nach Zeit und Ausdehnung die Durchlässigkeit der Atmosphäre variiert, 2. eine direkte, der 11 $\frac{1}{9}$ -jährigen Sonnenperiode parallel gehende, 3. eine dauernde, jeder stärkeren Einzelrevolution entsprechende, schnell entstehende und relativ kurz währende, keineswegs alle Orte der Erde gleichmäßig betreffende, denn der Einfall korpuskularer Strahlung von der Sonne wird schwerlich an allen Orten der Tagseite, geschweige denn der Nachtseite der Erde in gleicher Art und gleicher Stärke statthaben, und elektrisch geladene Teilchen werden dem Kraftfelde der Erde folgen. Durch Übereinanderlagerung dieser drei Arten von Störungsmöglichkeiten wird die Deutung oft schwierig, zumal rein meteorologische Einflüsse der untersten Atmosphärenschichten die Beobachtungsmöglichkeit oft gänzlich hindern und, was noch gefährlicher ist, zu Mißdeutungen Anlaß geben können, z. B. durch Auftreten ganz gleichmäßigen zarten Dunstes und durch den Einfluß der Jahreszeiten, welcher nach des Autors ausgedehnten Untersuchungen in 1600 m Meereshöhe ein ganz unerwartet großer ist. Vorbedingung für richtige Deutung ist daher ein sehr ge-

naues Studium des wolkenlosen Himmels, und nur Orte bevorzugter Lage werden solches Studium mit genügender Sicherheit durchführen lassen, vermutlich nur über 1000 m hoch auf ausgedehnten Plateaus in Meeresferne gelegene. Der Referent hatte das Glück, vom Schicksal an einen solchen Ort verschlagen zu werden, und er hat es (wie er gestehen will, in Unkenntnis der Größe der Aufgabe, andernfalls er sie nicht gewagt hätte) versucht, an ein solches Studium der „Normalwerte“ heranzutreten und durch sie die Basis zu legen für zuverlässige Vergleiche mit den Erscheinungen gestörter Zeiten. Er hatte ferner das Glück, daß Prüfungen möglich waren einmal zur Zeit schwerer terrestrisch-vulkanischer Erscheinungen 1912—1914 nach Ausbruch des Katmai-vulkans, sodann zur Zeit reger einsetzender Sonnentätigkeit, so daß die Unterschiede der grundsätzlich verschiedenen, einmal von innen, das andere Mal von außen kommenden optischen Störungserscheinungen qualitativ und quantitativ festgelegt werden konnten. Es sind fixiert worden die Normalwerte der absoluten Helligkeit, der Polarisationsgröße und der Lage der Polarisationsebene für jeden Himmelspunkt bei jeder Sonnenhöhe und jeder Jahreszeit, und zwar außer im Äquivalenzwert der Helligkeit auch (mehr oder weniger ausgedehnt) in mannigfachen Spektralfarben bis ins reine Ultraviolett hinein. Gleichzeitig mußten die Albedo des Erdbodens bei verschiedenen Bodenbedeckungen und der Einfluß des natürlichen Horizonts je nach Sonnenstand ermittelt werden. Kontrollmessungen der Beleuchtungsstärke der Horizontalfläche durch Sonne und Himmel haben die Richtigkeit der Resultate erwiesen, Berechnungen über den Lichthaushalt der Atmosphäre, welche durch begleitend ausgeführte Bestimmungen der Intensität der Sonnenstrahlung ermöglicht waren, haben zu rasonablen Schlußfolgerungen geführt, vor allem gab der Ausdruck der Einzelkomponenten des polarisierten Lichts in absolutem Maß die Möglichkeit einer übersichtlichen und einheitlichen Erklärung aller in Abhängigkeit von Sonnenhöhe und atmosphärischer Durchlässigkeit erfolgenden Variationen von Helligkeit, Polarisation und Farbe und die Möglichkeit der Prüfung, inwieweit die Lichtzerstreuung der Hochgebirgsatmosphäre den in den herrschenden Theorien enthaltenen Gesetzen folgt. Die Resultate sind gesammelt in den Abhandlungen des Preussischen Meteorologischen Instituts, Bd. V, Nr. 295 (1917)¹⁾ und Bd. VI, Nr. 303 (1919)²⁾. Es hat sich gezeigt, daß keine der zahlreichen optischen Erscheinungen ohne inneren Zusammenhang mit den anderen ist; alle haben übereinstimmend zu denselben Deutungen des Sitzes und der Art der Störungen geführt und bewiesen, daß man durch solche Be-

1) Dämmerungs- und Ringerscheinungen um die Sonne 1911 bis 1917.

2) Himmels-helligkeit, Himmelspolarisation und Sonnenintensität 1911 bis 1918.

obachtungen sicheren Aufschluß erhält über Charakter und Größe optischer Störungen; etliche Beispiele konnten beigebracht werden dafür, daß unter gewissen Verhältnissen durch Übereinanderlagerung mehrerer optischer Effekte an einzelnen Himmelspunkten Pseudonormalwerte gefunden werden, so daß keine der mannigfachen Untersuchungsmethoden nutzlos war. Der durch die zahlreichen Parallelbeobachtungen ermöglichte Vergleich erbringt gute Urteile über die Genauigkeit und Dankbarkeit der einzelnen Methoden, wobei unter letzterem Begriff mit Rücksicht auf weitere Verbreitung derartiger Untersuchungen zu verstehen ist: Wohlfeilheit des Instrumentariums, Einfachheit der Erlernung und möglichst geringer Zeitverlust durch die Beobachtung selbst und nachfolgende Rechen- und Tabellierungsarbeit.

Außer diesen, einer ferneren Tätigkeit auf dem Gebiet der atmosphärischen Optik ein wenig die Wege ebennenden Resultaten seien noch einige kurz erwähnt:

Das Hauptargument für Helligkeit, Polarisation und Farbe und noch mehr für ihre Verteilung über den Himmel ist die Sonnenhöhe.

Neben ihr übt — bei gleicher Sonnenhöhe — die Jahreszeit einen ganz unerwartet großen Einfluß aus. Ohne deren Berücksichtigung kommt man zu ganz falschen Schlüssen bei Vergleichen von zu gleichen Sonnenhöhen gehörenden Größen. Dieser Befund kommt der Astronomie vielleicht recht gelegen in einem Augenblick, in welchem erwogen wird, ob nicht sogar die beobachteten Polhöhenchwankungen zu einem Teil durch meteorologische Einflüsse infolge Refraktionsänderung ihre Erklärung finden. Die weit- aus ungünstigste Jahreszeit für optisch-atmosphärische Untersuchungen ist die Sommerzeit. Den vollen Wert des Winters- und Frühjahrshimmels zu schätzen ist wohl nur der imstande, welcher viele Jahre lang regelmäßige Beobachtungen am Hochgebirgshimmel gemacht hat. Ein einfacher Beweis ist, daß im Winter nicht selten die Venus um die Mittagszeit deutlich mit klarem Auge erkennbar ist; so rein und daher so wenig lichtzerstreuend (dunkel) ist der Winterhimmel. Auch in Kalifornien dürfte dieser Vorzug der Winterjahreszeit bestehen; Abbot hat ihn noch nicht ausnutzen können.

Ganz überwiegend zerstreut die Hochgebirgsatmosphäre nach Rayleighs Gesetz durch molekulare Diffraction. Der Anteil der Zerstreuung durch Beugung, Reflexion und Brechung an Wassertropfen, Eiskristallen oder Staubteilchen ist bei hohen Sonnenhöhen auf 10 %, bei niedrigen auf 30 % zu schätzen, und sie erstreckt sich im wesentlichen nur bis zu etwa 20° Sonnendistanz bei hoher, 40° bei niedriger Sonne. Bei Anwendung von Rayleighs Gesetz ist aber nicht nur der Zunahme der Schichtdicke mit Annäherung an den Horizont Rechnung zu tragen, sondern in weitem Maße auch der Extinktion der Sonnen-

strahlen auf dem Wege von der Sonne zum zerstreuen Teilchen und von diesem zum Beobachter bzw. bei der vielfachen Diffusion auf den vielgestaltigen Zwischenwegen. Hierbei ist der Extinktionskoeffizient infolge des (mit Zerstreuung der Strahlen einhergehenden) Wechsels der Farbe kein einheitlicher, sondern ein dauernd variabler und für die Strahlen erster Diffusion stets ein kleiner als für die der vielfachen Diffusion.

Lage, Höhenausdehnung und Zusammensetzung der Störungsschichten sind, wie schon erwähnt, durch die angewandten Beobachtungsmethoden in gewissen Grenzen bestimmbar, wobei es freilich, um Täuschungen durch lokale oder rein meteorologische Effekte vorzubeugen, mehr als erwünscht ist, daß Vergleiche zwischen Beobachtungen recht weit voneinander entfernt, sehr günstig gelegener Observatorien ermöglicht werden. Im Jahre 1912 nach dem Katmaiausbruch durchsetzte die Störungsschicht die Atmosphäre vom Erdboden bis hinauf in hohe Höhen, war auch nach Abklingen der ersten groben Massen, welche in der Zeit von Juni bis Oktober 1912 stattfand, aus relativ groben, im allgemeinen die Größe der Wolkenelemente übersteigenden Fremdkörpern zusammengesetzt; sie senkte sich unter etlichen Schwankungen ganz allmählich bis zur zweiten Hälfte des Jahres 1914 herab; der letzte gröbere Ausfall fand im Februar 1914 statt zu einer Zeit, in welcher auch in den Vereinigten Staaten ähnliche, wenn freilich auch anders gedeutete optische Effekte beobachtet worden sind wie in Davos. Aus den bisher vorliegenden Nachrichten ist zu schließen, daß das Abklingen in der ganzen Ausdehnung, welche die Störung überhaupt angenommen hatte, d. h. wohl auf der gesamten nördlichen Halbkugel von annähernd dem Pol bis zu der Roßbreiten, in ähnlicher Weise stattgefunden hat, wie es in Davos beobachtet worden ist. Dies spricht dagegen, daß ein lebhafter Zirkulationsaustausch in der Atmosphäre über die Roßbreiten hinweg stattfindet, und eben daraufhin scheinen etliche optische Erscheinungen zu deuten, welche sich am leichtesten durch eine Lockerung der Atmosphäre in der warmen Jahreszeit erklären, wie z. B. der mit abnehmender Wellenlänge zunehmende Jahresgang der einzelnen Spektralteile der Sonnenstrahlung, welcher sich besonders ausdrucksvoll im Ultraviolett durch starkes Überwiegen der Herbstwerte über die Frühjahrswerte dokumentiert (quantitativ der Intensität nach, qualitativ nach Ausdehnung des ultravioletten Spektrums).

Während der solaren Störungen¹⁾ reichte die

¹⁾ Sowohl der 1915 und in der ersten Hälfte 1916 stoßweise auftretenden und unter ganz charakteristischen, am leichtesten an der „tellurischen Sonnenkorona“ zu beobachtenden Erscheinungen schnell abklingenden, wie auch der in der zweiten Hälfte 1916 und Anfang 1917 stark und dauernd auftretenden und dann ganz allmählich während 1917 und 1918 nachlassenden.

Störungsschicht nie bis zur Erde, schwebte, wenn auch wechselnd hoch, so doch stets in großen Höhen und war wohl stets von gewaltiger Dicke, und bestand aus Partikeln vom Mindestmaß $0,75 \mu$ und von auf das 10- bis 40-fache größer zu schätzenden, also die Größe von Wolkenelementen nicht übersteigenden Maximalmassen.

Wie die Beweise für diese Deutungen erbracht sind, muß im Original nachgelesen werden. Am fruchtbarsten erwies sich der, freilich auch am mühsamsten zu beobachtende, Wechsel der absoluten Helligkeit der Einzelkomponenten, dessen Verfolgung die gleichzeitige Messung von Polarisationsgröße und Helligkeit in absolutem Maß verlangt.

Mit Rücksicht auf weitere Verbreitung der Beobachtung optisch-atmosphärischer Erscheinungen sei noch erwähnt, in welcher Reihenfolge ich je nach den zur Verfügung stehenden Mitteln und Kräften die Beobachtungsmethoden nach meinen Erfahrungen empfehlen kann.

1. Rein visuell: Ausblick nach der „tellurischen Sonnenkorona“ (nur in Höhen über 800 m; in tieferen Lagen nur zur Zeit grober Störungen als Bishorping erkennbar), nach den farbigen Dämmerungsphänomenen, insbesondere dem Haupt- und Nachpurpurlicht, wofür *P. Gruner* vortreffliche Anleitungen gegeben hat, nach Auftreten von Überzirren bei und kurz nach Sonnenuntergang und nach leuchtenden Nachtwolken. Auch im Zodiakallicht müssen die derberen Störungserscheinungen deutlich erkennbar sein, und die Erscheinungen des Meteorfalles und der Nordlichter müssen recht verschieden nach Intensität, Ausdehnung und Farbe auftreten, je nachdem sie sich in einer reinen oder stauberfüllten (nur in höchsten oder auch in relativ niedrigen Höhen stauberfüllten) Atmosphäre abspielen.

2. Mit instrumentellen Hilfsmitteln: die Beobachtung der neutralen Punkte während der Dämmerung, wofür *Busch* und *Jensen* in ihren bekannten „Tatsachen und Theorien der atmosphärischen Polarisation“ schätzenswerte Anweisungen gegeben haben. Diese Beobachtungen werden sehr dankbar ergänzt durch solche der Neutralinien (d. h. der Isoklinen von 45° zwischen Polarisationsebene und Vertikalebene) während des Tages und der Dämmerung. Sie ermöglichen, wie der Referent bewiesen hat, ein sehr scharfes Urteil über den momentanen Durchlässigkeitsgrad der Atmosphäre nach allen Himmelsrichtungen.

Die Beobachtung des Helligkeitsabfalls von der Sonne zum benachbarten Himmel, auf welche sogleich noch näher eingegangen werden wird.

Die Beobachtung der Polarisationsgröße am Punkt maximaler Polarisation und (insbesondere während der Dämmerung) im Zenit.

Die absoluten Helligkeitsmessungen — diese stellen von allen Methoden die größten Anforderungen an den Beobachter und verlangen vor allem eine sehr peinliche Durchführung der Konstantenbestimmung.

Bei der Beobachtung des Helligkeitsabfalls von der Sonne zum benachbarten Himmel wurde hier so verfahren, daß die Sonne ein feststehendes, aus Quarz gefertigtes optisches System zentral passierte und die Strahlungswirkungen (photometrisch und photoelektrisch in mannigfachen Spektralbezirken bis ins Ultraviolett hinein) bestimmt wurden, welche ein Sonnen- bzw. Himmelsstück von einem zehntel Grad Durchmesser auslöste. Auf die Sekunde genaue Ablesungen $\frac{1}{4}$ - bis $\frac{1}{2}$ -minutenweise in unmittelbarer Nähe des Sonnenrandes, einminutenweise in etwas weiterem Abstände und Umrechnung der Zeit in den Winkelabstand unter Berücksichtigung der Deklination der Sonne konnten die Kurven des Helligkeitsabfalls sehr genau festlegen. Auch diese Kurven hängen wiederum am meisten von der Sonnenhöhe ab, sodann von der Jahreszeit und von dem allgemeinen Reinheitsgrad der Atmosphäre; auch für sie gilt es zunächst, die Normalwerte festzulegen, ehe man sie richtig zu deuten weiß, dann aber geben sie ein sehr scharfes Kriterium. In einem längeren Referat in den Astronomischen Nachrichten habe ich ausgeführt, daß hierin eine auf den momentanen Zustand der Atmosphäre abstellende Methode zur Bestimmung der Extinktion liegt, und daß dieselbe die bisher allein übliche, auf Intensitätsmessungen extraterrestrischer Strahlungsquellen bei sehr verschiedenen Zenitdistanzen beruhende wertvoll ergänzen dürfte, denn letztere Methode leidet doch unverkennbar an dem Übelstand, daß der atmosphärische Zustand während langer Zeit als unverändert vorausgesetzt wird, was nach den Erfahrungen keineswegs oft zutrifft. Nach dem von mir gesammelten Material darf ich zu hoffen wagen, daß diese Bestimmungen des Helligkeitsabfalls recht fruchtbar sein werden und sich, wie auf die Sonne, so auch auf den Mond, ja vielleicht auch auf die Planeten ausdehnen lassen. Am winterlichen Mondhimmel erkenne ich nicht nur die „tellurische Mondkorona“, sondern auch die Isophotenfiguren wie am Tage. Das Bedürfnis nach Vervollkommen der Extinktionsbestimmungen wird für die Astronomie und insbesondere für die Solarforschung um so mehr wachsen, je weiter sie auf dem Wege der Strahlungsmessung fortschreitet, und große Fortschritte winken — nicht zum wenigsten dank der Zellenmethode. Ist der Astronom nicht imstande, die Größe der Permeabilität des Schirmes, durch den er stets blicken muß, und geringfügige kurzwährende Änderungen derselben mit genügender Genauigkeit zu bestimmen, dann werden beispielsweise Schwankungen der Solarkonstante und der Verteilung der Helligkeit über die Sonnenscheibe kaum je mit voller Sicherheit festgestellt werden können — *Wilsing* hat ja durch mustergültige Untersuchungen die Grenzen festgelegt, innerhalb deren die Konstanz der atmosphärischen Verhältnisse gewährleistet sein muß. Kaum geringere Be-

deutung hat eine genaue Bestimmung des Extinktionskoeffizienten für die Meteorologie und die Astrophysik. Die Literatur — insbesondere die amerikanische — strotzt gerade in jüngster Zeit wieder von Untersuchungen über den Einfluß der Periode der Sonnentätigkeit. *Humphreys* und *Abbot* haben sie wohl ausgelöst mit ihren Untersuchungen über Klimawechsel in Abhängigkeit von Sonnentätigkeit und Vulkanausbrüchen; *Huntington* sucht einen Zusammenhang zwischen verschiedenartiger Verteilung der Flecken über die Sonne und der Luftdruckverteilung auf der Erde nachzuweisen; nach *Clayton* folgt in den Tropen der Gang der Temperatur der Sonnenaktivität um drei Tage; *Nansen* kommt zu dem Schluß, daß die Temperatur über den Kontinenten der Erde mit der Zahl der Sonnenflecken wächst, die Temperatur der Ozeane dagegen mit ihr fällt; *Plaskett* findet eine Beziehung zwischen Sonnentätigkeit und Geschwindigkeit der Sonnenrotation; *Bigelow* will sogar in der gesamten Meteorologie die Monatsperiode ersetzen durch die 26,68-tägige der Sonnenrotation. Es fehlt hier und da nicht an Einwänden, daß meteorologische Einflüsse solche Beziehungen überdecken, ja sogar vortäuschen können; nirgend aber scheint mir noch klar ausgesprochen, was durch unsere vorangegangenen Erörterungen nahegelegt ist: Zunahme der Sonnentätigkeit involviert zwar Zunahme der extraterrestrischen Strahlung (anscheinend nur der kurzwelligeren, während die langwelligere eher ein wenig nachzulassen scheint), sie vermindert aber gleichzeitig die Durchlässigkeit der Atmosphäre, und zwar wiederum verschieden für die verschiedenen Wellenlängen, im Gegensatz zu terrestrischen Störungen mit ihren groben Partikeln, welche alle Strahlenarten annähernd gleich schwächen. Beide Faktoren wirken einander entgegen, man muß sie erst zu trennen wissen, um zu klaren Resultaten zu kommen. Die Beobachtung der Himmelselligkeit und der Himmelspolarisation und des Helligkeitsabfalls von der extraterrestrischen Lichtquelle zum benachbarten Himmel weisen den Weg.

Nur als Streiflichter über das, nach seinen Grenzen noch gar nicht abzuschauende, Gebiet können diese Ausführungen angesehen werden. Ein kurzer, akute Bedeutung besitzender Gedanke möge sie schließen: Während der Sonnenfinsternis des 29. Mai dieses Jahres, auf deren Beobachtungsergebnisse die Augen der gesamten wissenschaftlichen Welt gerichtet sind in Erwartung der Entscheidung über *Einsteins* Theorie, zeigte sich — nach Zeitungsnachrichten — eine gewaltige Gaswolke „dicht am“ Sonnenrande. Lag diese Wolke in Wirklichkeit nicht in oder dicht bei der Sonne, sondern in der Erdatmosphäre? Nach den Davoser Beobachtungen setzte am 29. Mai in aller Frühe eine recht beträchtliche optische Störung ein und sie klang typisch ganz allmählich bis gegen Mitte Juni ab; auch von anderen Orten ist ähnliches berichtet. War die

mit einer solchen eventuellen Störung verbundene Refraktionsänderung imstande, den Wert der Genauigkeitsgrenze fast streifenden Beobachtungen zur Entscheidung über *Einsteins* Gravitationstheorie zu beeinträchtigen? Wurde an den entscheidenden Beobachtungsorten (in Brasilien und in Westafrika) auf die Existenz einer optisch-atmosphärischen Störung geachtet?

Die Sicheldünen der Pampa von Islay in Peru.

Von B. Brandt, Belgig i. M.

Die Pampa von Islay ist ein räumlich beschränkter Abschnitt der ausgedehnten Wüstenregion am Westfuß der peruanischen Kordilleren. Sie bildet eine Hochebene, die südlich von Arequipa in rund 2000 m Höhe beginnend, in Richtung auf Mollendo langsam auf etwa 1000 m fällt, um sich dann rasch zur nahen Küste herniederzusenken. Die Pampa ist vor den benachbarten und vor den übrigen Wüstenbezirken der Westküste durch den Besitz zahlreicher Sicheldünen ausgezeichnet. Sicheldünen sind zwar auch diesen nicht fremd, nirgends aber treten sie in solcher Menge und Reinheit der Ausbildung, nirgends so das Landschaftsbild beherrschend auf wie hier. Da die Pampa von Islay in der Nähe einer bedeutenden Stadt liegt und von der von Mollendo nach dem Titicacasee hinaufführenden Bahn durchschnitten wird, sind die Dünen schon seit langem beachtet worden, und es gibt wohl kaum eine Reisebeschreibung, die nicht der „Medanos“¹⁾ gedenkt. Die in einigen von ihnen gegebenen, auf Zeichnungen beruhenden Abbildungen²⁾ sind jedoch so mangelhaft und irreführend, daß es nicht überflüssig erscheint, ein paar naturwahre photographische Aufnahmen wiederzugeben³⁾.

Über die Form der Sicheldünen in der Pampa von Islay ist nichts Besonderes zu sagen. Sie sind vollkommene Schulbeispiele dieses Dünenotypus. — Infolge der wechselnden Länge ihrer Hörner ist ihre Gestalt bald kurz und gedrungen wie die der von *Muschketow* abgebildeten turkestanischen „Barchane“, bald lang ausgezogen und schlank (vgl. die beiden Dünen im Vordergrund des Photogramms 2). Die Höhe schwankt, die mittlere Höhe beträgt vielleicht 2 bis 3 m. Die hohle Leeseite der Dünen ist landeinwärts

1) Das spanische Wort medano (portugiesisch medão) bezeichnet jede Sanddüne ohne Rücksicht auf Form und Lage. Es hat sich aber mit dem viel eingeschränkteren Sinne der Sicheldüne in den geographischen Sprachgebrauch eingeschlichen. Da wir im Deutschen einen treffenden Ausdruck für diesen Begriff besitzen, so wäre es nicht bedauerlich, wenn die Medanos ebenso wie die Barchane aus unserer Literatur verschwänden.

2) *Squier*, Peru, S. 270; v. *Tschudi*, Reisen durch Südamerika, Bd. 5, S. 368.

3) Sie sind von Herrn *Vargas* in Arequipa aufgenommen.

gerichtet und entspricht den vorherrschenden süd-westlichen Winden. Von v. Tschudi ist auch eine durch jeweilige andere Winde bedingte Ummodellierung und Richtungsänderung nachgewiesen worden, die aber die allgemeine Nordostrichtung nicht nennenswert stört.

Die Dünen sind einer schwach mit Sand bedeckten Ebene aufgesetzt, die keine anderen Flugsandbildungen weiter zeigt. In ihrem Windschatten ist der Boden vor Übersandung geschützt und hebt sich deshalb als dunklerer Sektor von der helleren, durch Wellenfurchen gekräuselten Umgebung ab. Der gegenseitige Abstand der Dünen ist verhältnismäßig groß, die Dichte dementsprechend gering.

Alles deutet auf Bewegung der Flugsande hin, die nach Middendorfs Beobachtungen beständig erfolgt. Nur sehr massigen Dünen spricht v. Tschudi die weitere Beweglichkeit ab. Sie bleiben stehen und unterliegen seiner Abbildung zufolge durch Verstürzen und Zerklüftung des Steilabfalls der Erniedrigung. Bei den weiten Abständen fließen nur selten Dünen zusammen; doch liegt ein solcher Fall in der Fig. 1 vor. Auch zeitweilige Vereinigung mit folgender Teilung unter Wechsel der Gestalt ist beobachtet worden.

Die Sicheldünen verteilen sich nicht über die ganze Pampa, sondern nur über die küstenfernere Hälfte, wo sie an die Kordillervorberge grenzen.

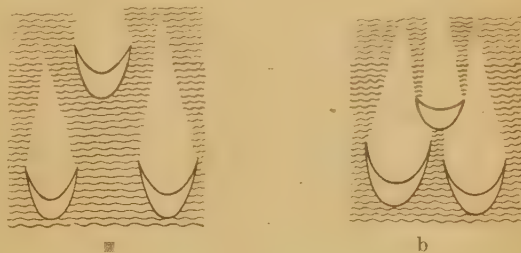
Die Pampa von Islay ist demnach eine räumlich begrenzte, gleichmäßigen Winden ausgesetzte Wüstenlandschaft, deren Flugsandbeschüttung an Gesamtmasse nicht sehr beträchtlich, aber durch große Regelmäßigkeit der Formen ausgezeichnet ist.

Die Ursache der Wüstenbildung liegt in den geringen Niederschlägen des nordchilenisch-peruanischen Küstengebietes, welche eine vorwiegend mechanische Verwitterung des kristallinen Gesteines und seine Aufbereitung zu Sand zur Folge hat. Diese ist in der ganzen Pampa wirksam, abgesehen von einem schmalen, periodischen Nebeln ausgesetzten und daher auch der chemischen Verwitterung durch eine zeitweilige Vegetation unterworfenen Küstenstriche. Daß die küstennähere Zone der Pampa frei von Dünen ist, findet seine Erklärung in den vorherrschenden Südwestwinden, welche den losen Boden landeinwärts führen.

Aus dem Mangel an Dünen in der letztgenannten Zone geht zugleich hervor, daß die Verwitterung nicht gleichen Schritt mit der Denudation durch den Wind hält. Hiervon kann man sich am besten in der Nachbarschaft der Küste überzeugen, die z. B. bei Mollendo ausgedehnte ebene Bodenflächen aufweist, in denen der kristallinische Fels so gut wie völlig unbedeckt ansteht. Seine Bedeckung ist eben vom Winde entführt. Dieses Mißverhältnis zwischen den beiden gestaltenden Kräften, welches natürlich auch in den küstenfernere Teilen der Pampa vor-

liegt, erklärt eine wesentliche Eigenschaft dieser Wüstenlandschaft, die geringe Gesamtmasse der Flugsande.

Mäßige Sandmassen müssen aber bei einer so einfach gestalteten Unterlage unter dem Einflusse konstanter Winde in einfachste Flugsandformen umgewandelt werden, in Sicheldünen. Diese werden, ursprünglich die ganze Pampa ziemlich gleichmäßig bedeckt, sich aber allmählich immer mehr aus dem küstennahen Abschnitte entfernt haben. Dieses ist das Ausgangsgebiet wenigstens eines Teiles der Sandmassen. Das Ziel aller aber sind die Vorberge der Kordilleren, die sogenannte Barrera oder Schranke von Arequipa, welche das fruchtbare Tal dieser Stadt gegen die Wüste abschließt und vor Versandung schützt. Die Dünen befinden sich also auf dem Marsche von der Küste gegen die Kordilleren hin, und es wird einmal der Zeitpunkt kommen, in dem sie ihr Ziel erreicht haben. Dann wird die Pampa von Islay bis auf einen schmalen Randabschnitt frei von Dünen sein.



In dem Maße, in dem sich die Dünen landeinwärts bewegen, konzentrieren sie sich auf immer kleinerem Raume. Ihre Abstände nehmen ab, ihre Dichte wächst. Damit aber ändern sich auch ihre Formen. Anfänglich (Fig. a), wenn die Dünen noch weite Abstände haben, ist nur der in Lee der steilen Böschungen liegende Bodensektor vor dem Winde geschützt, alle anderen Stellen sind seiner unmittelbaren Wirkung ausgesetzt. Die Dünen nehmen sich nicht gegenseitig den Wind und können sich daher vollkommen ausbilden. Später (Fig. b), wenn die Zwischenräume kleiner geworden sind, wächst nicht nur der nicht oder nur mittelbar dem Winde zugängliche Raum, sondern die eine oder die andere Düne kommt ganz oder teilweise in den Windschatten anderer zu liegen und erleidet infolgedessen Beschränkungen ihrer Bewegung und Ausbildung. Und während in a der Wind zwischen den beiden hinteren Dünen hindurchwehend, ungehindert die ganze vordere Düne erfassen und ihre Hörner durch Sandanlagerung verlängern kann, ist das in b nicht mehr möglich. Die nur teilweise vom Winde getroffene Düne bleibt kurz und gedrungen. In dem zweiten Photogramm ist z. B. das rechte Horn der Düne im Vordergrunde kurz, weil es im Windschatten liegt, das der nächstfolgenden aber ist offenbar nicht geschützt und daher deut-

lich verlängert. So würde sich der im Anfange erwähnte Unterschied in der Form der Sicheldünen ungezwungen erklären.

Je mehr sich die Dünen einander nähern, um so mehr werden sie sich gegenseitig beeinflussen,

Die Pampa von Islay zeigt uns also nicht nur eine Sicheldünenlandschaft von hervorragender Schönheit, sondern gewährt auch einen Einblick in den gesetzmäßigen Wandel der Flugsandlandschaften überhaupt. Sie stellt ein „Stadium“ im

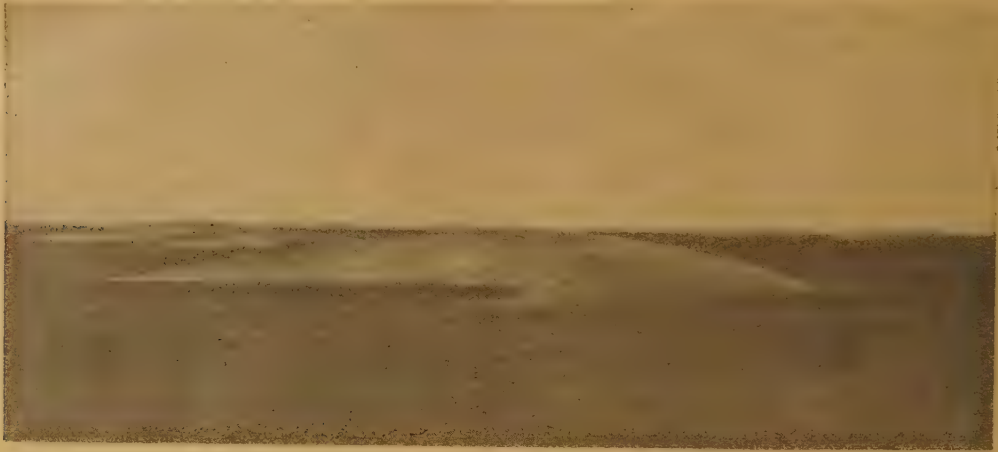


Fig. 1. Sicheldüne in der Pampa von Islay.



Fig. 2. Sicheldünenlandschaft in der Pampa von Islay.

um so mehr von der ursprünglichen reinen Sichelform abweichen. Auch wird bei größerer Dichte der Wind in den Hohlformen des Flugsandes sich fangen, in veränderter Richtung wirken und neue, unregelmäßige Formen erzeugen. Endlich werden die nun häufiger eintretenden Verschmelzungen Flugsandwälle hervorbringen, deren Entstehung aus Sicheldünen nur noch gelegentlich sichtbar sein wird; es wird also eine Dünenlandschaft von verbreiteterem, weniger charakteristischem Habitus entstehen.

„Zyklus“ des „aufgesetzten äolischen Hügellandes“ dar.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 8. November 1919 hielt Hauptmann *Detzner* (Berlin) einen Vortrag: Kreuz- und Querzüge unter deutscher Flagge im Innern von Deutsch-Neuguinea in den Jahren 1914 bis 1918. Der Vortragende landete Ende Januar 1914 in Morobe an der Südküste des Huongolfes, wo er zunächst eine Vermessung der deutsch-englischen Grenze vornahm,

die unter 8° Süd nach Westen bis 147° Ost verläuft, wo sich der Mount Chapman bis zu 3500 m erhebt. In größeren Höhen litten seine, vom Franziskafluß am Huongolf stammenden melanesischen Träger stark unter der Kälte, weshalb er die Unterkunftshütten in die Erde eingraben ließ, was sich sehr bewährte, denn seitdem kamen keine Trägerverluste durch Erkältungskrankheiten mehr vor. Nach Erledigung dieser Grenzvermessung brach er am 3. Juli 1914 abermals von Morobe auf, um eine Längsdurchquerung an der Grenze vorzunehmen, die Wasserscheide zwischen dem in den Huongolf mündenden Markhamfluß und dem Ramu zu erreichen und den letzteren bis zur Mündung zu befahren. An der Küste mußten zuerst schwer passierbare Sagosümpfe und Bambusdickichte überwunden werden, in denen man nur 2 km täglich vorwärts kam. Dann folgte eine parkartige Mittelgebirgslandschaft, die in das Hochgebirge übergang, wo sich Grasflächen mit Blütenpflanzen einstellten, die auch bei uns heimisch sind, wie Vergißmeinnicht, Enzian, Alpenrosen, Alpenveilchen usw. In den Seitentälern des Wariaflusses, des südlichsten Flußlaufes im deutschen Gebiet, fand *Detzner* eine Berg-Pandanus-Art mit mannskopfgroßer Frucht, die man daher als Bergkokospalme bezeichnen kann. Außer einem deutschen Unteroffizier standen dem Forscher nur Eingeborene, 27 Soldaten und 44 Träger, zur Verfügung. Da jedoch 400 Lasten zu befördern waren, so mußte ein Relais-system für den Transport eingerichtet werden, das sich gut bewährte, weil es sehr elastisch war und die Leute mehr schonte, als der Marsch in geschlossener Kolonne, der allerdings in feindlichen Gegenden gelegentlich nötig wurde. Am 4. August 1914 wurde die letzte Verbindung mit Morobe abgebrochen und *Detzner* marschierte auf der Nordseite der zentralen Wasserscheide nach WNW. Mit den Eingeborenen, deren einzelne Stämme absolut keine Verbindung miteinander hatten, kam man stets friedlich aus. Sie waren für Tauschartikel wie Äxte, Perlen, rote Farbe usw. sehr empfänglich. Das Anzünden eines Streichholzes erregte anfänglich ihr Entsetzen. Im September überschritt man den wasserscheidenden Gebirgskamm der Insel. Die Täler, die vorher in 1400 m gelegen waren, gingen jetzt bis 900 m hinab, und die Flüsse entwässerten nach Süden zum Papuagolf. Sehr unangenehm waren stellenweise die zahlreichen Blutegel, von denen gelegentlich 70 Stück gleichzeitig an dem Körper eines Menschen haften. Während der Grenzgebirgskamm ein Tonschiefergebirge war, befand man sich nun in einem Kalkgebirge mit großen Flüssen, die auf provisorischen Brücken überschritten werden mußten. Je tiefer man kam, um so dichter wurde die Besiedelung. Aber die geologische Grenze erwies sich auch als eine ethnographische. Die Papuas trugen hier Röcke aus Pflanzenfasern, die den Weibern bis zum Knie, den Männern aber bis zum Knöchel reichten. Um die Brust trugen sie eine Art von geflochtenem Panzer. Große, auf Pfählen schön gebaute und verzierte Rundhütten boten Schlafgelegenheit für 70 Mann. Die ganze Umgebung der Wohnorte war überaus sauber gehalten, und die Schweine, die sonst meist frei umherlaufen, wurden in besonderen Hütten auf den Feldern untergebracht. Jede Kuppe trug ein Gehöft, die durch Wege miteinander verbunden waren. Die Leute lebten noch völlig im Steinzeitalter und mußten erst in dem Gebrauch von Äxten und Messern unterwiesen werden. Tabak kannten sie nicht.

Am 31. Oktober 1914 erhielt *Detzner* die Nachricht

vom Ausbruch des Krieges, worauf er in Eilmärschen zur Küste zog. Er wählte die Route über den Markhamfluß, der an der Westecke des Huongolfes bei der Preußenreele ins Meer mündet. Der Weg führte durch Grasländer ähnlich denen, die er in Kamerun kennen gelernt hatte. Die Kokosnuß reicht hier bis 1200 m Höhe hinauf.

Nach der Ankunft an der Küste stellte sich heraus, daß die Hauptorte der Kolonie bereits in den Händen der Feinde waren und australische Kriegsschiffe vor der Küste kreuzten. *Detzner* zog deshalb wieder in das Innere und es gelang ihm, sich bis nach Abschluß des Waffenstillstandes allen Nachstellungen der australischen Truppen zu entziehen, die umfangreiche Expeditionen unternahmen, um ihn abzufangen. Sehr zustatten kam ihm dabei die bis zur Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gehende Treue der Eingeborenen in der Finschhafen-Halbinsel, der er sich zunächst zuwandte. Er zog auf die Hochfläche des Saruwaged-Hochstockes, der bis 3200 m ein dichtes Waldkleid, darüber ein Grasland mit vereinzelt Farnbäumen trägt. Auch Edelweiß kommt an abgelegenen Stellen vor. Das Gebiet ist zwar reich an Wild, Enten, Schnepfen und Känguruhs, doch fehlt es an Feuerholz, so daß die Verpflegung Schwierigkeiten macht. Der Saruwaged-Hochstock zerfällt in drei Massive, deren höchster 4180 m erreicht und somit der höchste Gipfel in Deutsch-Neuguinea ist. Aber auch hier vertrugen die von den warmen Niederungsgebieten an der Küste stammenden Träger das kühlere Gebirgsklima nicht. Die Hälfte wurde schließlich krank und mußte in Hängematten getragen werden. Als die Temperatur bis 4° unter den Gefrierpunkt sank und sogar Schnee fiel, den die abergläubischen Papuas, die solchen noch nie gesehen hatten, für ein Zaubereiprodukt hielten, mußte der Weitermarsch aufgegeben werden, zumal auch Hauptmann *Detzner* selbst infolge der Überanstrengung erkrankte und einen Blutsturz bekam. Er kehrte deshalb zur Küste zurück und wartete dort einige Monate. Ende 1916 zog er wieder über den Saruwaged nach der nur in 400 m Höhe gelegenen Wasserscheide zwischen Markham- und Ramufluß, und dann auf das 3600 m hohe Bismarckgebirge nach dem Hagengebirge zu. Dabei stellte sich heraus, daß das Bismarckgebirge die zentrale Wasserscheide zwischen dem Kamm und den nach Süden entwässernden Flüssen darstellt, der nicht, wie man bisher glaubte, eine Parallelkette im Süden vorgelegt ist. Vielmehr reichen die Quellflüsse des Purari-Flusses, der nach den bisherigen Karten auf britischem Gebiet seinen Ursprung nehmen soll, bis hierher hinauf. Höchst interessant ist der Kindertausch, der hier unter den Eingeborenentämmen stattfindet. Kinder von Häuptlingsfamilien kommen als sogenannte Gastfreunde in Pension zu einem Nachbarstamme, dessen Sprache sie dadurch erlernen. Sie fungieren dann später als Dolmetscher sowie als Vermittler bei Streitigkeiten und gelten selbst in Kriegsfällen als sakrosankt.

Eine Rückkehr zur Küste zeigte, daß der Krieg immer noch nicht zu Ende war. *Detzner* fuhr daher mit einem Eingeborenkanu längs der Nordküste der Finschhafenhalbinsel, der Reyküste, nach Westen, bis zur Astrolabebucht und ging dann in das Finisterregebirge, das keine selbständige Erhebung, sondern nur ein nordwestlicher Ausläufer des Saruwaged-Hochstockes ist. Endlich erreichte ihn die Nachricht von dem Ende des Krieges, dessen unglücklichen Ausgang er jedoch erst erfuhr, als er mit den

feindlichen Truppen Fühlung bekommen hatte. Entgegen dem Versprechen des britischen Generals wurde er in Australien noch hinter Stacheldraht interniert und erst später in die Heimat entlassen. Bezeichnend für die Art der britischen Verwaltung unseres Schutzgebietes während des Krieges ist der von *Detzner* beobachtete Niedergang der Kolonie, die von den australischen Truppen gegen die Eingeborenen betriebenen Menschenjagden und die Einführung der Sklavenarbeit. Die Papuas stehen daher den neuen Gewalthabern durchweg feindlich gegenüber und bezeichnen die australischen Truppen wegen ihres rohen Betragens als die „Kanakaken aus Sidney“ oder als „Kanakendiebe“.

O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 14. Oktober sprach zunächst Geheimrat Dr. *Ad. Schmidt* über das Thema: **Ein Beitrag zur Erklärung der erdmagnetischen Störung.** Ausgehend von der von *Balfour Stewart* angegebenen und von *A. Schuster* weiter entwickelten Hypothese über die Entstehung der in den obersten Luftschichten induzierten elektrischen Ströme und der dadurch veranlaßten täglichen erdmagnetischen Variation, wurde gezeigt, wie durch diese Kräfte auch die oberen Luftmassen bewegt werden, und wie sich aus der täglichen Periode des Luftdruckes die Geschwindigkeit dieser Bewegung — im Mittel $\frac{1}{2}$ mps — berechnen läßt. Die meisten Störungen der täglichen Periode der erdmagnetischen Variation werden vermutlich durch Ionisationswirkung der Sonne hervorgerufen, so daß sich der Tagesgang als Produkt der drei Größen: Vektor der Stromrichtung, magnetisches Feld und Ionisationswirkung darstellt. Die hierbei auftretenden größeren Störungen hat Herr *Schmidt* schon 1899 (*Met. Zeitschr.* 16, S. 385) mit dem Vorüberziehen einzelner Stromwirbel in den oberen Luftschichten in Zusammenhang gebracht, und er zeigte nun, daß diese Anschauung durch die neueren Arbeiten von *Störmer* gestützt wird. Nach *Störmer* entstehen durch das Hin- und Herschwingen der Luftteilchen solcher Wirbel Ströme, welche wellenartig sich ausbreitende Störungen veranlassen. Der Vortragende bewies durch eine Übersichtsrechnung, daß die zur Erzeugung magnetischer Störungen notwendigen Elektrizitätsmengen nur eine verhältnismäßig kleine Änderung des Potentialgefälles am Erdboden bewirken, so daß magnetische Störungen dieser Art keineswegs von luftelektrischen Störungen begleitet sein müssen.

An zweiter Stelle sprach Geheimrat Dr. *Hergesell* über den Zusammenhang zwischen dem Tagesgang der Temperatur und des Luftdruckes. Er knüpfte an eine kürzlich von ihm veröffentlichte Arbeit an (*Met. Zeitschrift* 36, S. 212, 1919), in der abgeleitet ist, wie für eine bestimmte Höhenschicht aus der täglichen Druckwelle die Temperaturwelle berechnet werden kann, wenn die Änderung des Druckes mit der Höhe bekannt ist, und wenn das Broun-Hannsche Amplitudengesetz (Proportionalität zwischen der Amplitude der halbtägigen Druckwelle und dem Luftdruck) gilt. Hieraus ergibt sich als tägliche Temperaturamplitude in 12 km Höhe $0,03^\circ$; wesentlich größere Amplituden, wie sie

z. B. *Blair* gefunden zu haben glaubt, sind somit nur Störungen des normalen Ganges. Indem Herr *Hergesell* anstatt mit absoluten Amplituden mit relativen rechnete (Verhältnis des halbtägigen Gliedes zu Druck oder Temperatur der betreffenden Höhenstufe), konnte er zeigen, daß die relative Druckamplitude α für jede Breite konstant ist, und daß ihre Zunahme gegen die Pole genügend genau durch die Formel $\alpha = \alpha_0 \cos^3 \varphi$ dargestellt wird. Dieser Ausdruck ist etwas bequemer als die früher von *Ad. Schmidt* abgeleitete Formel (*Met. Zeitschr.* 7, S. 185, 1890). Entsprechende Betrachtungen über die relative Temperaturamplitude β führen zu einer bis etwa 60° Breite brauchbaren, ziemlich verwickelten Formel, welche aber das interessante Ergebnis liefert, daß β bis 30° Breite positiv, darüber hinaus negativ ist. In $30,8^\circ$ Breite erhebt sich hiernach eine Trennungsschicht, in der β durch den Nullpunkt geht. Beobachtungen aus Indien bestätigen dieses Ergebnis; eine weitere Prüfung dieses Ergebnisses wurde für sehr wünschenswert erklärt.

Sü.

Astronomische Mitteilungen.

Veränderlichkeit des schwächsten der vier Hauptsterne des Oriontrapezes. In *Astr. Nachr.* 4945 hatte *Goos* die Veränderlichkeit des schwächsten der vier Hauptsterne des bekannten Trapezes im Orionnebel, der von *Burnham* mit B bezeichneten Komponente von θ^1 Orionis ($\alpha = 5^h 30^m 21,4^s$, $\delta = -5^\circ 27' 7''$, 1900,0, angezeigt. Der Stern, der gewöhnlich 8. Größe ist, wurde von ihm bei zwei Gelegenheiten gleich 11^m also 3 Größenklassen schwächer, gefunden. In A. N. 5006 bestätigt *Hartwig* die Veränderlichkeit, die vom Algoltypus sein dürfte. Die Verfinsterungen treten anscheinend sehr selten auf, da sie sonst längst hätten bemerkt werden müssen.

Photographisch-Spektralphotometrische Größen von Hyadensternen. Bei den Sternen der Hyadengruppe besteht wie bei anderen Sterngruppen eine deutliche Abhängigkeit der Farbe der Sterne von ihrer Helligkeit in dem Sinne, daß mit abnehmender scheinbarer Helligkeit, die in diesem Falle wegen der praktisch gleichen Entfernung aller physischen Glieder der Gruppe statt der absoluten genommen werden kann, die Farbe sich vertieft. Diese Abhängigkeit untersucht *Hertzprung* in *Astr. Nachr.* 5000 nach einer von ihm angegebenen Methode, die auf der Kombination von Objektivprisma und Objektivgitter beruht. Prisma und Gitter werden so gegeneinander orientiert, daß die Beugung senkrecht zur Brechung wirkt. Aus der Gitterkonstante hat man den Helligkeitsunterschied der Spektren nullter, erster usw. Ordnung, so daß man das Schwärzungs- oder Helligkeitsverhalten zweier Spektralgebiete auf der photographischen Aufnahme, das mit dem Hartmannschen Mikrophotometer bestimmt wird, in absolutem Maß ausdrücken kann. Zugrunde gelegt wurde das sich zu 2,386 Größenklassen berechnende Helligkeitsverhältnis der Bilder erster und dritter Ordnung. Verglichen wurden die effektiven Wellenlängen 403 und $458 \mu\mu$. Die untersuchten Aufnahmen waren von *Eberhard* mit dem 15 cm-Zeibtriplet der Potsdamer Sternwarte gemacht worden.

P. Guthnick.

Sachregister.

- Abkühlung, Nächtliche — der Luft am Boden. S. 32.
 Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie [Kultur der Gegenwart] (Bespr.). S. 812.
 Absterbeordnung der beiden Geschlechter einer getrenntgeschlechtigen Doldenpflanze. S. 760.
 Acetaldehyd, Der — in der Natur. Ergebnisse des Abfangverfahrens (F. F. Nord). S. 685.
 Adria, Die Besiedelungsgeschichte der — im Lichte der neueren Bearbeitung der Zehnfüßigen Krebse. S. 938.
 — Die pazifische und atlantische Medusengattung *Gonionemus* in der —. S. 938.
 Adriatisches Meer, Zur Entstehungsgeschichte des — (Ernst Nowak). S. 929.
 Aequatorial, Die Theorie des —. S. 338.
 Aerophysikalische Forschungen mit dem Flugzeuge (Albert Wigand). S. 487.
 Aether, Vom mechanischen — zur elektrischen Materie (M. Born). S. 136.
 Affinität, chemische, Zur Kenntnis der — (Fritz Ephraim). S. 49.
 Akademiestreit, Der — zwischen Geoffroy St. Hilaire und Cuvier im Jahre 1830. S. 497.
 Alun, Kristallstruktur des —. S. 246.
 Alchemie, Eine neue Darstellung der Entstehung und Ausbreitung der — (Karl Sudhoff). S. 990.
 Algen, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß höherer Temperaturen auf Morphologie und Cytologie der —. S. 127.
 Alkoholische Gärung, Die Entstehung der Bernsteinsäure bei der —. S. 819.
 — — Die natürliche und erzwungene Glycerinbildung bei der —. S. 740.
 Amerika, Ungeheure Waldbrände im Westen der Vereinigten Staaten von —. S. 922.
 — Mittel-, Reisen im südlichen — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 446.
 Anden, Neue Karten aus den —. S. 839.
 Annalen der Physik. S. 148, 196, 250.
 Anpassung, Chemische — der Mikroorganismen (Hans Pringsheim). S. 319.
 — funktionelle (Leon Asher). S. 129.
 Anthrazit, Walliser —. S. 777.
 Apogamie, Bastardierung als Ursache der — (Bespr.). S. 591.
 Archimedes, Uhr des — und zwei andere Vorrichtungen (Bespr.). S. 146.
 Argentinien, Reisen in der Puna von — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 213.
 Asphalt, Wesen und Ursprung von Petroleum und —. S. 80.
 Astronomie, Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung (F. Küstner). S. 537.
 Astronomische Mitteilungen. S. 232, 338, 465, 485, 502, 517, 530, 612, 680, 760, 780, 800, 820, 839, 902, 995.
 Astrophotographische Platten, Über die Reduktion der —. S. 338.
 Atmosphäre, Die mittlere Verteilung des Wasserdampfes in der — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 63.
 Atmosphärische Störung, Neue —. S. 760.
 Atmung, Über den Zusammenhang von — und Gärung (Otto Meyerhof). S. 253.
 Atome, Die Entstehung der Hochfrequenzspektren und der Aufbau der —. S. 30.
 Atomkern, Die Zusammensetzung des —. S. 659.
 Atomvolumina, Bemerkungen zur Kurve der — (Zuschr.). S. 694, 994.
 Auge, Die Entwicklungsphysiologie des — der Wirbeltiere (Horst Wachs). S. 322, 705.
 Australien, Beziehungen zwischen den Schwankungen des Klimas und der Produktion in —. S. 719.
 — Luftverkehrswege nach —. S. 922.
 Autoführer, Psychologie der —. S. 250.
 Axiomatik der modernen Physik (Arthur Haas). S. 744.
 Bacon, Francis, der Philosoph des Machtgedankens (Oskar Kraus). S. 33.
 Bakterielle Variabilität. S. 193.
 Ballistischer Trabant der Erde. S. 250.
 Ballonstoffe, Gasdurchlässigkeit von —. S. 180.
 Bastardierung als Ursache der Apogamie (Bespr.). S. 591.
 Bedeckungsveränderliche, Spektroskopische Bahnen von —. S. 800.
 Beches, On leaftime in the descendants from — with different leaftimes. S. 516.
 Beilsteins Handbuch der organischen Chemie, ein Spiegel ihrer Entwicklung (P. Jacobson). S. 222.
 Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. S. 400, 532.
 Bernsteinsäure, Die Entstehung der — bei der alkoholischen Gärung. S. 819.
 Bialowieser Urwald, Die Insektenwelt des — in ihren Beziehungen zum Kulturzustand des Forstes (Hans Walter Frickhinger). S. 43, 57.
 Bienen, Zur Streitfrage nach dem Farbensinn der —. S. 433.
 Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe (Bespr.). S. 112.
 Blütenkrone, Über staminale Pseudapetalie und deren Bedeutung für die Frage nach der Herkunft der —. S. 759.
 Blutgefäßsystem, Zur allgemeinen Entwicklungsgeschichte des —. S. 818.
 Blutzellen, weiße, Kulturversuche mit — des Frosches. S. 779.
 Bodenausblühungen, Zustandekommen und Eigenschaften von —. S. 48.
 Bodenwind, Über den — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 512.
 Bögigkeit, Untersuchungen über die Geschwindigkeit und — des Windes. S. 337.
 Bolson, Der — von Fiambala und seine Gebirgsrandung (Südrand der Puna de Atacama). S. 627.
 Botanik, allgemeine, Beiträge zur — (Bespr.). S. 640.
 — Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung (Hans Fitting). S. 571.
 Botanische Mitteilungen. S. 515, 759.
 Boveri, Th., Erinnerungen an — (Bespr.). S. 332.
 Braunkohle, Über die Verwertung der Wöllaner —. S. 482.
 Braunsches Rahmenantenne und ihr Anwendungsgebiet in der drahtlosen Technik (A. Esau). S. 912.

- Brennstoffe, Über die rationelle Ausnutzung der — S. 817.
- Brennstoffforschung, Das englische Amt für — S. 698.
- Brentano, Franz (Bespr.). S. 463.
- Brille, Die Entwicklung der — (Bespr.). S. 209.
- Brillengläser, Mittel zur Prüfung von — und von optischen Systemen im allgemeinen. S. 593.
- Geräte zur Darstellung des Sehens durch gute und durch schlechte — (H. Erggelet). S. 259.
- Brotbereitung, Über einige Versuche der — mit Rücksicht auf die Fortdauer des Krieges. S. 80.
- Buffalo, Wisent und — in modernen Tiergärten. S. 75.
- Bunsenflamme, Zur Kenntnis der — im Unterdruck. S. 79.
- δ-Cephei-Problem, Betrachtung zum — S. 466.
- Chemie, Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung (Richard Anschütz). S. 548.
- Leistungen der — in der Gegenwart. (H. Staudinger). S. 608.
- klinische (Bespr.). S. 94.
- organische, Beilsteins Handbuch der —, ein Spiegel ihrer Entwicklung (P. Jacobson). S. 222.
- und chemische Technologie radioaktiver Stoffe (Bespr.). S. 192.
- Chemische Industrie, Die Entwicklung der — Frankreich während des Krieges. S. 271.
- Mitteilungen. S. 230.
- Chlor, Beiträge zur Anwendung des — bei der Desinfektion von Wasser und Abwasser. S. 230.
- Chromoxydulsalze, Über Reaktionen mittels — S. 700.
- Codiaeum-Arten, Über die sexuellen Variationen der Infloreszenzen und Blüten bei den kultivierten — S. 16.
- Conversazione der Royal Society. S. 513.
- Cumaronharze, Die technischen — S. 738.
- Cyanophyceen, Über die Einwirkung farbigen Lichts auf die Färbung der — S. 759.
- Dampfturbinen, Schiffspropellerantrieb durch — S. 272.
- Darwins geschlechtliche Zuchtwahl und ihre erhaltende Bedeutung. S. 501.
- Deklination, Die erdmagnetische — in Deutschland. S. 335.
- Demokratie, Naturwissenschaft und — (Paul Jensen). S. 821.
- Demolische Äußerungen, Bemerkungen zu den — (Zuschr.). S. 732.
- Depression, Schwankungen in der — des Horizonts. S. 336.
- Desinfektion, Beiträge zur Anwendung des Chlors bei der — von Wasser und Abwasser. S. 230.
- Determinations- und Individualitätsproblem, Experimentelle Forschungen zum — (H. Spemann). S. 581.
- Deutschland, Die bundesstaatliche Gliederung — auf natürlicher Grundlage (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 211.
- Deutsch-Neuguinea, Kreuz- und Querzüge unter deutscher Flagge im Innern von — in den Jahren 1914 bis 1918 (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 1014.
- Deutsch-Ostafrika, Zustände in — während des Krieges (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 33.
- Deutsch-Südwest-Afrika, Fünf Kriegs- und Forschungsjahre in — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 696.
- Diamanten, Bruchstücke von — S. 195.
- Diphtheriebekämpfung, Fortschritte in der — (E. Seligmann). S. 396.
- Doppelbrechung, anomale, Die Natur der Mischkristalle mit — S. 47.
- Doppelinnervation, Die Frage der — der willkürlichen Muskeln (A. Pütter). S. 225.
- Doppelstern ζ Ursae majoris. S. 517.
- Drehstromnetze, Die Speisung einphasiger Stromverbraucher aus — S. 126.
- Drehwage, Die Bedeutung der — von Eötvös für die geologische Forschung nebst Mitteilung einiger Ergebnisse. S. 484.
- Edelhirschgeweih, Über die Gabelbildungen und die Eissprosse des — S. 64.
- Ehrlich, Paul, Zur Erinnerung an —: Seine wieder gefundene Doktor-Dissertation (Leonor Michaelis). S. 165.
- Eierstock, Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene Rückbildungsvorgänge am — des Haushuhnes. S. 94.
- Eisen- und Stahlerzeugung, Forschungsinstitut für Fragen der — S. 353.
- Ekmansche Strömungstheorie (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 63.
- Electron, The —, Its Isolation and Measurement and the Determination of Some of Its Properties (Bespr.). S. 478.
- Elektronendampfprobleme. S. 595.
- Empfindungslosigkeit, fast völlige, Ein Fall von — S. 354.
- Engerlinge, Frißt der Maulwurf —? S. 417.
- England, Gewinnung von Mineralöl in — S. 819.
- Englisches Amt für Brennstoffforschung. S. 698.
- Eötvös, Roland von — †. S. 352.
- — Die geophysikalischen Messungen des — (Desider Pekár). S. 149.
- — wissenschaftliche Laufbahn (Desider Pekár). S. 387.
- — Die Untersuchungen des — über die Kapillarität (Desider Pekár). S. 524.
- Epidotgruppe, Statistische Diagramme über die Zusammensetzung der Mineralien der — S. 47.
- Erbliche Ursachen eines frühzeitigen Todes (Hugo de Vries). S. 217.
- Erde, Über das Innere der — S. 434.
- Zur Erklärung der Bewegung der Rotationspole der — S. 799.
- Erdgestalt, Die — und die Hauptträgheitsmomente A und B der Erde im Äquator aus Messungen der Schwerkraft. S. 434.
- Erdkunde, Gesellschaft für — zu Berlin:
- Die Ozeanographie und Klimatologie des Persischen Golfs. S. 61.
- Siedlungs- und wirtschaftsgeographische Probleme des Nordens. S. 62.
- Das Klima von Mesopotamien in seiner Einwirkung auf den Menschen. S. 62.
- Die deutsch-polnische Sprachgrenze. S. 124.
- Die bundesstaatliche Gliederung Deutschlands auf natürlicher Grundlage. S. 211.
- Ausstellung von Kriegskarten. S. 213.
- Reisen in der Puna von Argentinien. S. 213.
- Zustände in Deutsch-Ostafrika während des Krieges. S. 333.

- Erdkunde, Gesellschaft für — zu Berlin:
 — Die Fortschritte der Photogrammetrie im Kriege. S. 366.
 — Reisen im südlichen Mittel-Amerika. S. 446.
 — Geographisches und Archäologisches aus Kurdistan. S. 447.
 — Geographische Feldzugserlebnisse. S. 448.
 — Sprachgeographische Erforschung von Syrien. S. 696.
 — Fünf Kriegs- und Forschungsjahre in Deutsch-Südwest-Afrika. S. 696.
 — Achtzehn Jahre Tätigkeit in Neu-Guinea. S. 921.
 — Kreuz- und Querzüge unter deutscher Flagge im Innern von Deutsch-Neuguinea in den Jahren 1914 bis 1918. S. 1014.
 Erdmagnetische Störung, Ein Beitrag zur Erklärung der — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 1016.
 Erdöl, Über die Beziehungen zwischen Steinkohle und —. S. 79.
 Erlanger Programm, Die Bedeutung des — (C. Carathéodory). S. 297.
 Ernährung, Neuere Gesichtspunkte zur Lehre von der — (Zuntz). S. 801.
 Erosion und Erosionsbasis (O. Baschin). S. 678.
 Erregung, Die Grundlagen der — und der Erregungsleitung in der lebendigen Substanz (Walter Thörner). S. 652, 670.
 Erregungsleitung im Nervensystem, Zur Theorie der — (Zuschr.). S. 934.
 Erwiderung (Zuschr.). S. 30.
 Europas meteorologische Hochstationen vor dem Kriege (F. Klengel). S. 241.
 Farbendressur, Gibt es eine — der Insekten? (Fritz Knoll). S. 425.
 Farbensinn, Ein Psychologe zu dem Heß-Frischischen Streite über den — der Tiere. S. 417.
 — Zur Streitfrage nach dem — der Bienen. S. 433.
 Fastebenen, Über verschiedene Umbildungsreihen in der Entwicklung von —. S. 736.
 Feldmäuse, Beobachtungen über das Familienleben der —. S. 77.
 Fenersalamander, Der Einfluß der Umgebung auf die Zeichnung des — (B. Dürken). S. 981.
 Piambala, Der Bolson von — und seine Gebirgsranlung (Südrand der Puna de Atacama). S. 627.
 Fieberrinde. S. 353.
 Findlinge — als biogeographischer Begriff. S. 942.
 Fischer, Emil, wissenschaftliche Arbeiten (C. Harries). S. 843.
 — Die Bedeutung von Emil Fischers Lebenswerk für die Physiologie und darüber hinaus für die gesamte Medizin (Emil Abderhalden). S. 860.
 — Emil Fischers Tätigkeit während des Krieges (A. von Weinberg). S. 868.
 — Emil Fischer in seiner Betätigung für die deutsche Wissenschaftspflege (Ernst Trendelenburg). S. 873.
 — Eine Toxikologische Erinnerung an Emil Fischer (Louis Lewin). S. 878.
 Fischereibiologie, Helgolands Hafen im Dienste der —. S. 798.
 Fischgewässer, Der volkswirtschaftliche Wert unserer — (P. Schiemenz). S. 355.
 Fixstern, Der schnellste —. S. 127.
 — Photographische Durchmusterung der Eigenbewegungen der —. S. 517.
 Fixsternsystem, Bau und Größe des — nach den Untersuchungen von H. v. Seeliger (K. F. Bottlinger). S. 741.
 Fizeau. S. 697.
 Flagellaten und Rhizopoden in ihren gegenseitigen Beziehungen (Bespr.). S. 74.
 Flammenfärbungen, Wohlfeiler Platindraht-Ersatz zur Erzeugung von —. S. 231.
 Fleckfieber, Die Beziehungen des Gruber-Widal zum — und zur Weil-Felix-Reaktion. S. 248.
 Flug, atlantischer, über die Azoren. S. 514.
 — erster direkter transatlantischer. S. 515.
 — der Insekten und der Vögel (Wilhelm Hoff). S. 159. — (Bespr.) S. 162. — (Zuschr.) S. 480.
 Fluglehre (Bespr.). S. 462.
 Flugsauriergattungen Pterodactylus und Rhamphorhynchus, Neue Rekonstruktion der — (Othenio Abel). S. 661.
 Flugwetterberichte, Tägliche —. S. 195.
 Flugzeug, Aerophysikalische Forschungen mit dem — (Albert Wigand). S. 487.
 — Wolkenbildung durch ein — (Zuschr.). S. 625.
 Flugzeuge, große. S. 336.
 Foramen Botalli, Untersuchungen über das Bestehenbleiben des — bei einigen Haustieren. S. 16.
 Forelle, See-, Über die Laichwanderung der —. S. 32.
 Fossile Tiere, Die Reste — im Volksglauben und in der Sage (Othenio Abel). S. 113, 141.
 Foucault. S. 697.
 Frankreich, Die Entwicklung der chemischen Industrie — während des Krieges. S. 271.
 Frösche, Ein neues Geschlechtsmerkmal bei den —. seine anatomische Grundlage und seine biologische Bedeutung. S. 416.
 Frosch, Kulturversuche mit weißen Blutzellen des —. S. 779.
 Froscheier, Über das Verhalten lebender — und Froschlarven im destillierten Wasser. S. 249.
 Früchte, Die Verbreitung von — durch die Luftbewegung (Wilh. Schmidt). S. 810.
 Funken und Geruch beim Aneinanderschlagen von Mineralien (A. Johnsen). S. 459.
 Gärtnerei, Pflanzenphysiologie als Theorie der — (Besp.). S. 643.
 Gärung, Über den Zusammenhang von Atmung und — (Otto Meyerhof). S. 253.
 — Der Einfluß kurzer und schwacher Temperaturerhöhungen auf den Verlauf der —. S. 32.
 Gasdurchlässigkeit von Ballonstoffen. S. 180.
 Gasfernversorgung, Die Entwicklung der —. S. 231.
 Gasglühlicht, Eine Verbesserung des —. S. 96.
 Gehörs wahrnehmungen, Vermittelt das Labyrinth der Fische — (O. Körner). S. 378.
 Gelatine-Salz-Gallerte, Rhythmische Diffusionsstrukturen in —. S. 80.
 Gelenkversteifungen, Die operative Behandlung von —. S. 798.
 Genetik und Mimikry (E. Study). S. 761. —
 Geographie, Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung (A. Philippson). S. 561.
 Geographische Feldzugserlebnisse (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 448.
 — Mitteilungen. S. 625.

- Geologie, Mineralogie im Dienste der — (A. Johnsen). S. 665, 690.
- und Paläontologie, Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung (G. Steinmann). S. 559.
- praktische, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 716.
- der Schweiz (Bespr.). S. 496.
- Geometrie, nichteuklidische, Klein und die — (A. Schoenflies). S. 288.
- Geometrische Strukturtheorie, Resultate der — S. 245.
- Geophagie (Erdessen), Über Salzhunger und — bei den Naturvölkern (L. Külz). S. 675. — (Zuschr.). S. 815.
- Geophysikalische Messungen des Barons Roland v. Eötvös (Desider Pekár). S. 149.
- Gerland, Georg. S. 501.
- Germany. Made in —. S. 369.
- Geruch, Über die Funken und den — beim Aneinanderschlagen von Mineralien (A. Johnsen). S. 459.
- Geschicklichkeitsspiele, Zur Psychologie und Naturphilosophie der — (Bespr.). S. 644.
- Geschlechtsmerkmal, Ein neues — bei den Fröschen, seine anatomische Grundlage und seine biologische Bedeutung. S. 416.
- sekundäre, Über die Beziehungen der Keimdrüsen zu den — (Leopold v. Ubisch). S. 750.
- Gewebsschäden, Die Entstehung von — nach Nervenverletzung. S. 797.
- Gifte, Tierische — (F. Flury). S. 613.
- Gleichförmigkeit, Marbes — in der Welt und die Wahrscheinlichkeitsrechnung (R. v. Mises). S. 168, 186, 205.
- Gleichgewichtsfiguren, Zur Theorie der — rotierender homogener Flüssigkeiten. S. 502.
- Gleitflächengesetz, Das — (Zuschr.). S. 816.
- Gletschertypen, Neue Systematik der —. S. 179.
- Glycerinbildung, Die natürliche und erzwungene. — bei der alkoholischen Gärung. S. 740.
- Glyceringewinnung aus Zucker (W. Connstein und K. Lüdecke). S. 403.
- Goethe als Naturforscher (J. von Kries). S. 835.
- Graphische Registrierung mit Hilfe eines Gasstrahles. S. 194.
- Graphitindustrie, Über die bayerische —. S. 699.
- Gravität, Das Gesetz der Proportionalität von Trägheit und — (Desider Pekár). S. 327.
- Grobkalk, Pariser, Über Verwitterungsformen im — (B. Brandt). S. 267.
- Gruber-Widal, Die Beziehungen des — zum Fleckfieber und zur Weil-Felix-Reaktion. S. 248.
- Haareis, Eine weitere Erklärung zur Bildung von — auf morschem Holz (Zuschr.). S. 124.
- Haeckel, Ernst. Ein Wort der Erinnerung, gesprochen zur Eröffnung des Kollegs am 1. Oktober 1919 (Karl Heider). S. 945.
- als Mensch und Lehrer (J. Walther). S. 946.
- Verdienste um die Zoologie (R. Hertwig). S. 951.
- als Philosoph (Th. Ziehen). S. 958.
- Die Schriften Ernst Haeckels (Thilo Krumbach). S. 961.
- Person und Werk im Urteil der Zeitgenossen (Thilo Krumbach). S. 966.
- Hamstern, Über — im Tierreich (C. Zimmer). S. 70.
- Harze, Fortschritte der Chemie der natürlichen —. S. 739.
- Haushuhn, Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene Rückbildungsvorgänge am Eierstock des —. S. 94.
- Hausrinder, Die Abstammung der — (Otto Antonius). S. 781.
- Haustierhaar, Zur Biologie des — (Ernst Feige). S. 756.
- Helgolands Hafen im Dienste der Fischereibiologie. S. 798.
- Helium, Das Serienspektrum des — (Zuschr.). S. 269.
- Heliumsterne, Die Oriongruppe der —. S. 780.
- Helligkeit, Absolute — der Sterne. S. 449.
- Helligkeitsabnahme, Das Gesetz der allgemeinen — in der Sonnenkorona mit wachsendem Abstände vom Sonnenrande. S. 531.
- Helligkeitsverteilung des diffusen Sonnenlichts am klaren Himmel (Bespr.). S. 795.
- Helmholtz, Hermann von. Zu seinem 25-jährigen Todestage (W. Wien). S. 645.
- Hering, Ewald, ein Gedenkwort der Psychophysik (Bespr.). S. 331.
- Hermaphroditismus, Ein Fall von vollständigem, doppelseitigem und gleichzeitig funktionierendem — bei *Chrysophrys aurata*. S. 16.
- Hertz, Heinrich, Zum fünfundzwanzigjährigen Todestage von — (M. Abraham). S. 1.
- Himmelsgewölbe, Über die scheinbare Gestalt des — (Zuschr.). S. 415.
- Die psychologische Erklärung der scheinbaren Gestalt des — (Zuschr.). S. 510, 937.
- Himmelsphotometrie, Die theoretischen Untersuchungen Seeligers auf dem Gebiete der — (P. Guthnick). S. 681.
- Himmelsstrahlung, Über Beobachtungen der Sonnen- und — und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie (C. Dorno). S. 973, 1007.
- Hippopotamus amphibius L., Bemerkungen über einen Fetus von — und über einen 9 Monate alten *Elephas maximus* L. S. 418.
- Histolytische Vorgänge, beobachtet während der Regeneration der Anhänge bei gewissen Orthopteren. S. 15.
- Hochfrequenzspektren, Die Entstehung der — und der Aufbau der Atome. S. 30.
- Hochkomplexe Gemische und Verbindungen als Glieder eines Vielstoffsystems. S. 47.
- Hochmoorpflanzen, Xerophytencharakter der —. S. 95.
- Höhenstrahlung, durchdringende, Zum Ursprung der — (Zuschr.). S. 529.
- Höhenweltrekord des Flugzeuges. S. 180.
- Hörgrenze, Über die obere —. S. 229.
- Holztrocknung durch kalte Luft. S. 353.
- Horizont, Schwankungen in der Depression des —. S. 336.
- Hyadensterne, Photographisch-Spektralphotometrische Größen von —. S. 1016.
- Individualitätsproblem, Experimentelle Forschungen zum Determinationsproblem und — (H. Speermann). S. 581.
- Infloreszenzen, Über die sexuellen Variationen der — und Blüten bei den kultivierten *Codiaeum*-Arten. S. 16.

- Insekten, Der Flug der — und der Vögel (Wilhelm Hoff). S. 159. — (Bespr.). S. 162. — (Zuschr.). S. 480.
- Insektenwelt, Die — des Bialowieser Urwaldes in ihren Beziehungen zum Kulturzustand des Forstes (Hans Walter Frickhinger). S. 43, 57.
- Island, Die nutzbare Wasserkraft in —. S. 351.
- Iso-statische Reduktion von 34 Stationen, ausgeführt im Geodätischen Institut. S. 418.
- Iso-statisches Gleichgewicht der Erdkruste. S. 738.
- Jupitergruppe, Neues Mitglied der — der kleinen Planeten. S. 531.
- Kaiserin** Auguste Victoria Haus zur Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit im Deutschen Reich (Leo Langstein). S. 467.
- Kalisalze, Schmelzen von kristallwasserhaltigen —. S. 245.
- Kalisalzlager, Die Entstehung der deutschen — (Ernst Jänecke). S. 619, 636.
- Kalisalzvorkommnisse, Minerogenetische Verhältnisse in den Ablagerungen der —. S. 245.
- Kalium, Die Bedeutung des — im Organismus (C. M. Voormolen). S. 895.
- Kalk, Über die Bedeutung des — für Mensch und Säugetier. S. 77.
- Kampfmittel, Zur Beteiligung deutscher Gelehrter an der Ausbildung von —. S. 793.
- Kapillarität, Die Untersuchungen des Barons Roland v. Eötvös über die — (Desider Pekár). S. 524.
- Karbonsäuregehalt deutscher Steinkohlenteere. S. 231.
- Kastration, Über die Übertragung der Wirkung der — auf Maisstengel durch Samen. S. 15.
- Kathodenstrahlen, Quantitatives über — aller Geschwindigkeiten (R. Seeliger). S. 443.
- Keimdrüsen, Über die Beziehungen der — zu den sekundären Geschlechtsmerkmalen (Leopold v. Uebisch). S. 750.
- Keimung, Der Einfluß des Wasserstoffsperoxyds auf die —. S. 16.
- Kinematograph, Konstruktionen der Diagramme der Geschwindigkeit und Beschleunigung des Films. S. 817.
- Kinematographie, Die Grundlagen der — (W. Merté). S. 435.
- medizinische (Bespr.). S. 479.
- Klein, Felix, zum 25. April 1919, seinem siebzigsten Geburtstage (Robert Fricke). S. 275.
- als junger Doktor (A. Voss). S. 280.
- und die Mathematik der letzten fünfzig Jahre (Wilh. Wirtinger). S. 287.
- und die nichteuklidische Geometrie (A. Schoenflies). S. 288.
- Riemann und die mathematische Physik (A. Sommerfeld). S. 300.
- und die Reform des mathematischen Unterrichts (H. E. Timerding). S. 303.
- Liste der Veröffentlichungen. S. 311.
- und die Förderung der angewandten Wissenschaften (L. Prandtl). S. 307.
- Kleinkrebse, Die natürliche Nahrung der — (A. Pütter). S. 55.
- Klima, Beziehungen zwischen den Schwankungen des — und der Produktion in Australien. S. 719.
- Klimatologie, Ozeanographie und — des Persischen Golfs (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 61.
- Klinische Chemie (Bespr.). S. 94.
- Kohle, künstliche. Herstellung — in Norwegen. S. 96.
- Kohlenoxyd, Die Oxydation des — in Gegenwart von kolloidalem Platin, Iridium und Osmium. S. 216.
- Kohlenuntersuchung, Eine neue Form der —. S. 249.
- Kohlenvergasung, Die Industrie der Nebenprodukte und ihre Beziehungen zur —. S. 14.
- Kokospalme, Studien über Nashornkäfer als Schädlinge der — (Bespr.). S. 900.
- Kolloidchemie, ein Lehrbuch (Bespr.). S. 479.
- Kolloide, Die — in Biologie und Medizin (Bespr.). S. 901.
- Kometenerscheinungen des Jahres 1918. S. 840.
- Konservengläser, hochwertige, Ist ein Bedürfnis für — vorhanden? (H. Thiene.) S. 238.
- Krebse, Klein-, Die natürliche Nahrung der — (A. Pütter). S. 55.
- Krieg, Die Fortschritte der Photogrammetrie im — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 366.
- Kriegskarten, Ausstellung von — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 213.
- Kristallbaustile (F. Rinne). S. 381.
- Kristalle, fadenförmige, von metallischem Wolfram. S. 48.
- flüssige, Über den kristallisierten und amorphen Zustand organischer Verbindungen und über die sogenannten — (P. H. von Groth). S. 648.
- metallischer Stoffe, Wertvolle Beobachtungen über die —. S. 48.
- Kristalline Stoffe, Über die Modifikationen — (F. Rinne). S. 503.
- Kristallisationsgeschwindigkeit, Methode zur Messung der — an metallischen Schmelzflüssen. S. 48.
- Kristallmutationen (Zuschr.). S. 29.
- Kristallstruktur des Calcits. S. 247.
- Die Koordinationslehre in ihrem Zusammenhang mit den neueren Ergebnissen der Forschung über die —. S. 246.
- Eine neue Methode der Bestimmung der — durch Röntgeninterferenzen. S. 718.
- komplizierter Verbindungen. S. 246.
- Kupfererzlagstätte, Wie Outokumpu, Finnlands neue —, entdeckt wurde. S. 596.
- Kupfermerkblatt des Bureau of Standards. S. 352.
- Kurdistan, Geographisches und Archäologisches aus — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 447.
- Labyrinth**, Vermittelt das — der Fische Gehörs wahrnehmungen (O. Körner). S. 378.
- Laichwanderung, Über die — der Seeforelle. S. 32.
- Langlebigkeit der Pflanzensamen. S. 250.
- Leichtmetallindustrie, Entwicklung und gegenwärtiger Stand der — (F. Regelsberger). S. 923.
- Licht, Das Wesen des — (M. Planck). S. 903.
- Lichtelektrische Untersuchungen an Salzlösungen. S. 777.
- Lichtmessungen an Planetenscheiben (Zuschr.). S. 112, 117.
- Litauen. S. 335.
- Luft, Nächtliche Abkühlung der — am Boden. S. 32.
- Luftbewegung, Die Verbreitung von Früchten durch die — (Wilh. Schmidt). S. 810.
- Luftdruck, Zusammenhang zwischen dem Tagesgang der Temperatur und des — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 1016.

- Luftfilter für Maschinenbetriebe (Heinrich Treitel). S. 430.
 Luftverkehrswege nach Australien. S. 922.
 Machtgedanken, Francis Bacon, der Philosoph des — (Oskar Kraus). S. 33.
 Made in Germany. S. 369.
 Mäuse, Feld-, Beobachtungen über das Familienleben der —. S. 77.
 Magnetische Messungen, Leitfaden der — (Bespr.). S. 461.
 Magnetismus, Neue Theorie des —. S. 194.
 Maisstengel, Über die Übertragung der Wirkung der Kastration auf — durch Samen. S. 15.
 Malaria, Die — (Bespr.). S. 776.
 Manganerze. S. 353.
 Mapa para el viaje de Bariloche a Puerto Montt, 1 : 400 000. Empresa Andina del Sud. Buenos Aires. S. 627.
 Masse, träge und schwere, Das Gesetz der Proportionalität von — (Zuschr.). S. 416.
 Materialabnutzung, Mikrokinematographie zur Beobachtung der —. S. 216.
 Materie, Die neuesten Fortschritte in der Erkenntnis der Eigenschaften der — (Bespr.). S. 193.
 — elektrische, Vom mechanischen Äther zur — (M. Born). S. 136.
 — Das Wesen der — (Bespr.). S. 463.
 Mathematik, Klein und die — der letzten fünfzig Jahre (Wilh. Wirtinger). S. 287.
 Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht, Die Tätigkeit des Ausschusses für den — seit dem Jahre 1914. S. 734.
 Maulwurf, Frißt der — Engerlinge? S. 417.
 — Futtertiere des — (Zuschr.). S. 994.
 Maximaldosis des Salvarsans (A. Heffter). S. 419.
 Mechanik deformierbarer Körper, Einführung in die — (Bespr.). S. 716.
 — technische, Vorlesungen über — (Bespr.). S. 123.
 Medusengattung Gonionemus, Die pazifische und atlantische — in der Adria. S. 938.
 Mesopotamien. S. 625.
 — Das Klima von — in seiner Einwirkung auf den Menschen (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 62.
 Metabolismus, Zu Ružickas Lehre vom morphologischen —. S. 229.
 Meteorologische Gesellschaft, Deutsche — (Berliner Zweigverein):
 — Ekmansche Strömungstheorie. S. 63.
 — Die mittlere Verteilung des Wasserdampfes in der Atmosphäre. S. 63.
 — Die Wetterberatung vom Standpunkt des Fliegers. S. 228.
 — Über den Unterricht in praktischer Wetterkunde. S. 511.
 — Über den Bodenwind. S. 512.
 — Ein Beitrag zur Erklärung der erdmagnetischen Störung. S. 1016.
 — Zusammenhang zwischen dem Tagesgang der Temperatur und des Luftdruckes. S. 1016.
 Meteorologische Hochstation, Europas — vor dem Kriege (F. Klengel). S. 241.
 — Zeitschrift. S. 401, 533.
 Meteorpapier, Über — (Bruno Schröder). S. 605.
 Metrisches System in England. S. 180.
 Mikrokinematographie zur Beobachtung der Materialabnutzung. S. 216.
 Mikroorganismen, Die chemische Anpassung der — (Hans Pringsheim). S. 319.
 Milchhygiene. S. 338.
 Mimikry, Genetik und — (E. Study). S. 761.
 — Die — als Prüfstein phylogenetischer Theorien (E. Study). S. 371, 392, 406.
 Mineralbildung, hydrothermale. S. 244.
 Mineralogie im Dienste der Geologie (A. Johnsen). S. 665, 690.
 — Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung (Brauns). S. 555.
 Mineralogisch-petrographische Mitteilungen. S. 46, 243.
 Mineralöl, Gewinnung von — in England. S. 819.
 Miraspektrum, Umwandlung eines — in ein Novaspektrum. S. 902.
 Mischkristalle, Die Natur der — mit anomaler Doppelbrechung. S. 47.
 Muskeln, willkürliche, Die Frage der Doppelinnervation der — (A. Pütter). S. 225.
 Mutation, Das Auftreten einer — vom Standpunkte der Wahrscheinlichkeit (H. Freundlich). S. 832.
 Myriapoden, Die Entwicklung der diplopoden —. S. 16.
 Nährwert, Über den —. S. 819.
 Nahrungsmittel, Der geminderte Nährwert der gebräuchlichsten —. S. 500.
 Nahrungsstoffe, organische, Beitrag zur Kenntnis von — mit spezifischer Wirkung. S. 740.
 Narkose, Die — (Bespr.). S. 773.
 — und Sauerstoffdruck. S. 127.
 Nashornkäfer, Studien über — als Schädlinge der Kokospalme (Bespr.). S. 900.
 Naturwissenschaft und Demokratie (Paul Jensen). S. 821.
 Naturwissenschaften, Handlexikon der — (Bespr.). S. 495.
 Nebenprodukte, Die Industrie der — und ihre Beziehungen zur Kohlenvergasung. S. 14.
 Nebularhypothese, Die —. S. 179.
 Bernsteinsches Wärmethorem, Einführung in die Grundlagen des — (J. Eggert). S. 883, 917.
 Nervensystem, Zur Theorie der Erregungsleitung im — (Zuschr.). S. 934.
 Nervenverletzung, Die Entstehung von Gewebeschäden nach —. S. 797.
 Neu-Guinea, Die letzten deutschen geographischen Forschungen über —. S. 838.
 — Achtzehn Jahre Tätigkeit in — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 921.
 Nichteuclidische Geometrie, Klein und die — (A. Schoenflies). S. 288.
 Niederschläge, Sehr dichte —. S. 816.
 Niere, Einfluß der radioaktiven Substanzen auf die Permeabilität der — für Glukose. S. 80.
 Nordlichtstrahlen, grüne, Die Wellenlänge der —. S. 612.
 Nordpolexpedition, Eine neue deutsche —. S. 628.
 Norwegen, Die Ausnutzung der Wasserkräfte in —. S. 777.
 Nova Aquilae 3, Über Eigentümlichkeiten der —. S. 680.
 — Helligkeit, Farbe und Spektrum der —. S. 531.
 — Veränderungen der Helligkeitsverteilung im Spektrum der —. S. 486.
 — Spektrum und Helligkeit der —. S. 486.
 Novaspektrum, Umwandlung eines Miraspektrums in ein —. S. 902.

- Obsterhaltungsmittel, Vergleichende Versuche über die Wirkung verschiedener —. S. 78.
- Ophiuchus, Pfeilstern im —. S. 530.
- Organische Verbindungen, Über den kristallisierten und amorphen Zustand — und über die sogenannten flüssigen Kristalle (P. H. von Groth). S. 648.
- Orientierung der Tiere im Raum (Bespr.). S. 993.
- Oriongruppe der Heliumsterne. S. 780.
- VV Orionis, Bedeckungsveränderlicher —. S. 996.
- Oriontrapez, Veränderlichkeit des schwächsten der vier Hauptsterne des —. S. 1016.
- Ornithologische Gesellschaft, Deutsche —. S. 63.
- Die Vogelwelt in Taurien. S. 125.
- Die Sturmvögel. S. 464.
- Die Vogelwelt an der unteren Wolga. S. 464.
- Ornithologische Mitteilungen. S. 176.
- Orthopteren, Über histolytische Vorgänge, beobachtet während der Regeneration der Anhänge bei gewissen —. S. 15.
- Osmotisches Experiment, Ein neuartiges —. S. 337.
- Ostafrika, Deutsch-, Zustände in — während des Krieges (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 333.
- Outokumpu, Wie —, Finnlands neue Kupfererzlagerstätte, entdeckt wurde. S. 596.
- Oxydation des Kohlenoxyds in Gegenwart von kolloidalem Platin, Iridium und Osmium. S. 216.
- Ozeanographie und Klimatologie des Persischen Golfs (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 61.
- Papier, Über Schimmelbildungen, die Veränderungen im — hervorrufen. S. 80.
- Papierteig, Fabrikation von — aus dürrtem Laub. S. 126.
- Pendeluhren, Untersuchungen über —. S. 466.
- Permeabilität der Niere, Einfluß der radioaktiven Substanzen auf die — für Glukose. S. 80.
- Permutit, Gleichgewichte beim Austausch der Basen im —. S. 244.
- Persischer Golf, Geographie des — und seiner Randgebiete. S. 595.
- Ozeanographie und Klimatologie des — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 61.
- Petroleum, Wesen und Ursprung von — und Asphalt. S. 80.
- Pfeilgifte und Pfeilgiftwirkungen (Lois Lewin). S. 181.
- Pfeilstern im Ophiuchus. S. 530.
- Pferderäude, Die Behandlung der — mit Schwefeldioxyd (Bespr.). S. 333.
- Pflanzen, Das Wandern der — (Hugo de Vries). S. 81.
- Pflanzendecke, grüne, Die jährliche Gesamtproduktion der — der Erde (H. Schroeder). S. 8, 23.
- Pflanzenölerzeugung, Rußlands —. S. 838.
- Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei (Bespr.). S. 643.
- Pflanzensamen, Langlebigkeit der —. S. 250.
- Phanerogamenstengel, Über das Erscheinen der Gewebe und Regionen in der Spitze des —. S. 16.
- Photogrammetrie, Die Fortschritte der — im Kriege (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 366.
- Photographisch-spektralphotometrische Größen von Hyadensternen. S. 1016.
- Photometrie, Die heterochrome — in Theorie und Praxis (R. v. Voß). S. 789.
- Phototrope Eigenschaften, Untersuchung der des β -Tetrachlor- α -Ketonaphthalins. S. 248.
- Phylogenetische Theorien, Die Mimikry als Prüfstein — (E. Study). S. 371, 392, 406.
- Physik, Die statistische Betrachtungsweise in der — (Philipp Frank). S. 701, 723.
- Neuere Entwicklung der — und ihrer Anwendungen (Bespr.). S. 730.
- gegenwärtige, Raum und Zeit in der — (Bespr.). S. 463.
- moderne, Die Axiomatik der — (Arthur Haas). S. 744.
- Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung (W. Kaufmann). S. 542.
- Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Die Tätigkeit der — im Jahre 1918 (Karl Scheel). S. 997.
- Physiologie, Lehrbuch der — des Menschen (Bespr.). S. 776.
- Physiologische Gesellschaft zu Berlin, Versuch und Verwandtschaftskunde. S. 512.
- Planetenerntdeckungen im Zeitraum vom 1. Juli 1917 bis 30. Juni 1918. S. 840.
- Planetenscheiben, Lichtmessungen an — (Zuschr.). S. 112, 147.
- Platindraht-Ersatz, Wohlfeiler — zur Erzeugung von Flammenfärbungen. S. 231.
- Polargebiete, Neue Pläne zur Erforschung der —. S. 720.
- Polbewegung, Verlauf der — während des Jahres 1917. S. 517.
- Polhöenschwankungen, Die — (B. Wanach). S. 451, 472.
- Pollenbildung, Über —. S. 16.
- Pratt, Die Schwerkraft auf dem Mittelländischen Meere und die Hypothese von —. S. 484.
- Proportionalität, Das Gesetz der — von träger und schwerer Masse (Zuschr.). S. 416.
- Protactinium, Über das — und die Frage nach der Möglichkeit seiner Herstellung als chemisches Element (Zuschr.). S. 611.
- Pseudopetalie, Über staminale — und deren Bedeutung für die Frage nach der Herkunft der Blütenkrone. S. 759.
- Psychographie des Mediziners (Otto Lipmann). S. 39.
- Psychologie, experimentelle, Probleme der — II. Über den Einfluß der Erfahrung auf die Wahrnehmung (K. Koffka). S. 597.
- Psychophysik, Ewald Hering, ein Gedenkwort der — (Bespr.). S. 331.
- Pterodactylus und Rhamphorhynchus, Neue Rekonstruktion der Flugsauriergattungen (Othenio Abel). S. 661.
- Purkinje-Effekt der photographischen Platten. S. 680.
- Quantentheoretische Beziehungen im Planetensystem. S. 820.
- Quarzquecksilberlampe. S. 354.
- Quecksilberdampfstrahlpumpen (A. Gehrtz). S. 983.
- Radialgeschwindigkeit, Liste von 37 Sternen mit großer — und bekannter Eigenbewegung und Parallaxe. S. 800.
- Radioaktive Probekörper, Die Erscheinungen an einzelnen — der Größenordnung 10^{-8} – 10^{-5} cm (Zuschr.). S. 695.
- Stoffe, Chemie und chemische Technologie — (Bespr.). S. 192.

- Radiumtherapie, Zu den Grundlagen der Röntgen- und — (Levy-Dorn). S. 721.
- Rahmenantenne, Die Braunsche — und ihr Anwendungsgebiet in der drahtlosen Technik (A. Esau). S. 912.
- Rana, Pigment in den Melanophoren von —. S. 417.
- Rassenhygiene in Ungarn. S. 64.
- Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. (Bespr.). S. 463.
- Referenzflächen des Himmels und der Gestirne (Bespr.). S. 655.
- Reflektor, Der 72-zöllige — des Dominion Astrophysical Observatory, Victoria, Canada. S. 660.
- Regenärmste und regenreichste Gebiete in Deutschland, Die geographische Verteilung der —. S. 483.
- Regenerationsvorgänge, Über die zeitlichen Eigenschaften der —. S. 337.
- Registrierung, graphische, mit Hilfe eines Gasstrahles. S. 194.
- Reichsanstalt für Maß und Gewicht, ihre Aufgaben und Einrichtungen (F. Plato). S. 97, 117.
- Reizleitung. S. 194.
- Relativitätstheorie, allgemeine, Zur Prüfung der — (Erwin Freundlich). S. 629. — (Zuschr.). S. 696, 776.
- — Kosmologische Betrachtungen zur —. S. 232.
- Berichtigung zum Dialog über — (Zuschr.). S. 147.
- Einführung in die — (Bespr.). S. 509.
- Rhamphorhynchus, Neue Rekonstruktion der Flugsauriergattungen Pterodactylus und — (Othenio Abel). S. 661.
- Rhizopoden, Flagellaten und — in ihren gegenseitigen Beziehungen (Bespr.). S. 74.
- Riemann, Klein, — und die mathematische Physik (A. Sommerfeld). S. 300.
- Röntgenaufnahmen, Beugungsähnliche Lichtstreifen an den Schattenrändern einfacher —. S. 716.
- Röntgeninterferenzen, Eine neue Methode der Bestimmung der Kristallstruktur durch —. S. 718.
- Röntgen- und Radiumtherapie, Zu den Grundlagen der — (Levy-Dorn). S. 721.
- Rotation, Über eine Differentialgleichung des Problems der — der Himmelskörper. S. 466.
- Rotationspole, Zur Erklärung der Bewegung der — der Erde. S. 799.
- Rückbildungsvorgänge, Über experimentell, durch veränderte äußere Bedingungen hervorgerufene — am Eierstock des Haushuhns. S. 94.
- Rumänien, Die Landschaften —. S. 626.
- Rumex thyrsiflorus, Über die verhältnismäßige Anzahl männlicher und weiblicher Individuen bei —. S. 516.
- Rußlands Pflanzenölerzeugung. S. 838.
- Säuglingssterblichkeit, Das Kaiserin Auguste Victoria Haus zur Bekämpfung der — im Deutschen Reich (Leo Langstein). S. 467.
- Sage, Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der — (Othenio Abel). S. 113, 141.
- Salvarsan, Die Maximaldosis des — (A. Heffter). S. 419.
- Salzhunger, Über — und Geophagie (Erdesen) bei den Naturvölkern (L. Kütz). S. 675. (Zuschr.). S. 815.
- Salzlösungen, Lichtelektrische Untersuchungen an —. S. 777.
- Saturn, Vergleichung der Flächenhelligkeiten von Ring und Zentralkörper des —. S. 502.
- Saugkraftmessungen, Besprechung unserer bisherigen —. S. 515.
- Schädelkunde aus dem Totenfelde von Cajamarquilla in Peru (B. Brandt). S. 712.
- Schallmeßdienst, amerikanischer. S. 515.
- Schallwellen, Sichtbare —. S. 779.
- Schieß- und Sprengstoffe (Bespr.). S. 796.
- Schiffahrt, Zur Urgeschichte der —. S. 628.
- Schiffspropellerantrieb durch Dampfturbinen. S. 272.
- Schimmelbildungen, die Veränderungen im Papier hervorrufen. S. 80.
- Schlagwetteranzeiger, Ein neuer —. S. 778.
- Schmelzen von kristallwasserhaltigen Kalisalzen. S. 245.
- Schmelzflüsse, metallische, Methode zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit an —. S. 48.
- Schmelzgleichgewichte, Untersuchungen über —. S. 46.
- Schmetterlingspuppe, Die Wirkung des Lichtes auf die — (B. Dürken). S. 421.
- Schwefel, kolloidaler, Bildung — aus Sulfiden. S. 48.
- Schweißtreibende Hitze, Wie ist das körperliche Wärmegefühl, die — bei schneller Niederfahrt aus großen Höhen zu erklären? (Zuschr.). S. 936.
- Schweiz, Geologie der — (Bespr.). S. 496.
- Schwerkraft, Die — auf dem Mittelländischen Meere und die Hypothese von Pratt. S. 484.
- Schwingkölbchen, Über die Funktion der — der Zweiflügler. S. 76.
- Seeigelstacheln, Die Regenerationsfähigkeit der —. S. 249.
- Seeliger, H. v., Bau und Größe des Fixsternsystems nach den Untersuchungen von — (K. F. Bottlinger). S. 741.
- Die theoretischen Untersuchungen — auf dem Gebiete der Himmelsphotometrie (P. Guthnick). S. 681.
- Sehen, Geräte zur Darstellung des — durch gute und durch schlechte Brillengläser (H. Erggelet). S. 259.
- Helligkeitsmaß und Bemerkungen über das — bei schwacher Beleuchtung. S. 214.
- Sehrohr, Die Entwicklung des — für Tauchboote (H. Erfle). S. 805, 826.
- Serie, Das Gesetz der — (Bespr.). S. 814.
- Serienspektren des Heliums (Zuschr.). S. 269.
- Sicheldünen, Die — der Pampa von Islay in Peru (B. Brandt). S. 1012.
- Siedlungs- und wirtschaftsgeographische Probleme des Nordens (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 62.
- Silberglasspiegel, astronomische, gasdichter Überzug. S. 485.
- Siriusbegleiter, unerklärtes Paradoxon. S. 779.

- Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. S. 164.
 der Preußischen Akademie der Wissenschaften. S. 128.
- Solare Energie, Quantitativen über die Verwendung der — auf Erden (H. Schroeder). S. 976.
- Solarkonstanten-Expedition der Smithsonian-Institution nach Calama in Chile. S. 230.
- Solarkonstanten-Observatorium, Ein neues — S. 127.
- Sonnenfinsternis am 29. Mai. S. 368, 418, 514.
 Messungen der durchdringenden Strahlung während der — vom 21. August 1914 (Werner Kolhörster). S. 412.
- Sonnenflecken, Die magnetische Polarität der — S. 799.
- Sonnengeschwindigkeit, Berechnung der — aus den Radialgeschwindigkeiten von Sternen mit sehr kleiner Eigenbewegung. S. 532.
- Sonnenkorona, Das Ergebnis einer lichtelektrischen Bestimmung der Helligkeit der — während der totalen Sonnenfinsternis am 8. Juni 1918. S. 839.
- Sonnenlicht, diffuses, Über die Helligkeitsverteilung des — am klaren Himmel (Bespr.). S. 795.
- Sonnen- und Himmelsstrahlung, Über Beobachtungen der — und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie (C. Dorno). S. 973, 1007.
- Spektra im elektrischen Ofen. S. 179.
- Spektroskopische Bahnen von Bedeckungsveränderlichen. S. 800.
- Sprachegeographische Erforschung von Syrien (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 696.
- Sprachgrenze, Die deutsch-polnische — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 124.
- Sprengstoffe, Die Schieß- und — (Bespr.). S. 796.
- Stahlerzeugung, Forschungsinstitut für Fragen der Eisen- und — S. 353.
- Stalaktiten, Beobachtungen über das Wachstum von — S. 660.
- Staphylinidenart, Über eine — aus den mährischen Höhlen. S. 76.
- Statistische Betrachtungsweise in der Physik (Philipp Frank). S. 701, 723.
- Steinkohle, Über die Beziehungen zwischen — und Erdöl. S. 79.
- Steinkohlenteere, Über den Karbolsäuregehalt deutscher — S. 231.
- Stellarstatistik. S. 232.
- Sterne, Der innere Aufbau der — (Arnold Kohlschütter). S. 65, 89. — (Zuschr.). S. 270.
 — Zwei — mit großer Eigenbewegung. S. 760.
 Effektive Temperaturen von 199 hellere — S. 995.
- Sternhaufen, Statistische Untersuchungen der — S. 465.
- Sternwarte Osterberg, Veröffentlichungen der — zu Tübingen (Bespr.). S. 714.
- Stickstoff, Ein neues Verfahren zur Gewinnung von — aus der Luft. S. 272.
- Stickstoffatom, Die künstliche Zerlegung des — (K. Fajans). S. 729.
- Stiftung, Eine neue gemeinnützige — in Zürich für wissenschaftliche Zwecke. S. 78.
- Strahlentherapie, Über experimentelle — (Erich Kuznitsky). S. 233.
- Strahlung, durchdringende, Messungen der — während der Sonnenfinsternis vom 21. August 1914 (Werner Kolhörster). S. 412.
- Strömungstheorie, Ekmansche — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 63.
- Strukturtheorie, Resultate der geometrischen — S. 245.
- 24-Stundenzählung. S. 180.
- Sturmvoegel (Deutsche ornithologische Gesellschaft). S. 464.
- Suboccinella 24 punctata L., Zur Biologie von — S. 76.
- Südpolargebiet, Die Vereisung des — S. 837.
- Syrien, Sprachgeographische Erforschung von — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 696.
- Taube, Wander-, Wiederentdeckung der — S. 250.
- Tauchboote, Die Entwicklung des Schrohres für — (H. Erfle). S. 805, 826.
- Taurien, Die Vogelwelt in — (Deutsche ornithologische Gesellschaft). S. 125.
- Technische Mechanik, Vorlesungen über — (Bespr.). S. 123.
- Teeröle, Über die Oxydation von — durch Ozon. S. 484.
- Telegraphie, drahtlose, Die Fortschritte der — und ihre physikalischen Grundlagen (Bespr.). S. 464.
- Temperatur, Zusammenhang zwischen dem Tagesgang der — und des Luftdruckes (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 1016.
- Temperaturerhöhungen, Der Einfluß kurzer und schwacher — auf den Verlauf der Gärung. S. 32.
- Tiefen-Antisepsis mit Vuzin. S. 485.
- Tierische Gifte (F. Flury). S. 613.
- Tod, frühzeitiger, Über erbliche Ursachen eines — (Hugo de Vries). S. 217.
- Tongesteine, Druckhaftigkeit und Bodenbeweglichkeit der — S. 80.
- Torfmoore, Einiges über — (Asmus Jabs). S. 491.
 — (Zuschr.). S. 815.
- Trabant, Ballistischer — der Erde. S. 250.
- Trägheit, Das Gesetz der Proportionalität von — und Gravität (Desider Pekár). S. 327.
- Tragflügelquerschnitte, Ein erweitertes Verfahren zur Berechnung der Strömung um — S. 215.
- Überspannungsableiter, Ein neuer — S. 368.
- Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen (Bespr.). S. 146.
- Uhren, Pendel-, Untersuchungen über — S. 466.
- Ungarn, Rassenhygiene in — S. 64.
- Unterricht, mathematischer, Felix Klein und die Reform des — (H. E. Timerding). S. 303.
- Unterseeboote, Zur Sichtbarkeit der — von Luftfahrzeugen aus (Zuschr.). S. 61.
- ξ Ursae majoris, Doppelstern — S. 517.
- ξ¹ Ursae majoris, Eine neue Bestimmung der Periode und Bahnelemente des interessanten spektroskopischen Systems — S. 995.
- Valenzkräfte, Über die physikalische Natur der — (W. Kossel). S. 339, 360.
- Veränderliche vom δ-Cephei-Typus mit sehr kurzer Periode. S. 680.
- langperiodische, Statistische Untersuchung der Bewegung und Verteilung der — S. 338.
- Sterne. S. 518.

- Veränderlicher 7,1917 Serpentis, Der merkwürdige. — S. 760.
- Veränderlichkeit des schwächsten der vier Hauptsterne des Oriontrapezes. S. 1016.
- Verbrennung, Die physiologische — als elektrolytischer Oxydationsprozeß (Alexander Nathansohn). S. 909.
- Verbrennungserscheinungen, Die Physik der — (Bespr.). S. 715.
- Vererbung und Auslese, Grundriß der Gesellschaftsbiologie und der Lehre vom Rassedienst (Bespr.). S. 643.
- Vererbungs- und Entwicklungslehre, Physiologische Bemerkungen zur — (Paul Jensen). S. 519.
- Vergesellschaftung, Die Formen der — im Tierreich (Bespr.). S. 92.
- Verkokungsverfahren, Ein neues —. S. 178.
- Verstärkerröhre, Die Entwicklung der — und ihre Verwendung (F. Gehrts). S. 764.
- Vertikales Wachstum der Bäume. S. 354.
- Verwandtschaftskunde, Versuch und — (Physiologische Gesellschaft zu Berlin). S. 512.
- Verwitterungsformen im Pariser Grobkalk (B. Brandt). S. 267.
- Vielstoffsystem, Hochkomplexe Gemische und Verbindungen als Glieder eines —. S. 47.
- Vivisektion, Mißbrauch der —. S. 354.
- Vögel, Der Flug der Insekten und — (Wilhelm Hoff). S. 159. — (Bespr.) S. 162. — (Zuschr.). S. 480.
- Vogelfauna, Beiträge zur Kenntnis der — der verschiedenen Kriegsschauplätze. S. 176.
- Vogelgesang, Die biologischen Aufgaben des — (Fritz Braun). S. 889.
- Vogelwelt, Führer durch die — zum Beobachten und Bestimmen der häufigsten Arten durch Auge und Ohr (Bespr.). S. 93.
- in Taurien (Deutsche ornithologische Gesellschaft). S. 125.
- an der unteren Wolga (Deutsche ornithologische Gesellschaft). S. 464.
- Volksglauben, Die Reste fossiler Tiere im — und in der Sage (Othenio Abel). S. 113, 141.
- Volkswirtschaftlicher Wert unsrer Fischgewässer (P. Schiemenz). S. 355.
- Vorherbestimmung des Wetters (Bespr.). S. 75.
- Vuzin, Tiefen-Antisepsis mit —. S. 485.
- Wachstum, Vertikales — der Bäume. S. 354.
- Wärmegefühl, Wie ist das körperliche —, die schweißtreibende Hitze bei schneller Niederrfahrt aus großen Höhen zu erklären? (Zuschr.). S. 936.
- Wärmetheorem, Einführung in die Grundlagen des Nernstschen — (J. Eggert). S. 883, 917.
- Wahrscheinlichkeit, Der Begriff der — für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit. S. 482.
- Das Auftreten einer Mutation vom Standpunkte der — (H. Freundlich). S. 832.
- Wahrscheinlichkeitsrechnung, Marbes Gleichförmigkeit in der Welt und die — (R. v. Mises). S. 168, 186, 205.
- Über — und ihre Anwendung in der Physik (J. v. Kries). S. 2, 17.
- Waldbrände, Ungeheure — im Westen der Vereinigten Staaten von Amerika. S. 922.
- Walfischfleisch als Nahrungsmittel. S. 249.
- Walliser Anthrazit. S. 777.
- Wanderflug, Die Richtung des — der Zugvögel Europas. S. 12.
- Wanderheuschrecken und ihre Bekämpfung (K. Friederichs). S. 345.
- Wandertaube, Wiedererntdeckung der —. S. 250.
- Wandern, Das — der Pflanzen (Hugo de Vries). S. 81.
- Wasserdampf, Die mittlere Verteilung des — in der Atmosphäre (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 63.
- Wasserkräfte, Die Ausnutzung der — in Norwegen. S. 777.
- Wasserpflanzen (Bespr.). S. 643.
- Wasserstoffsuperoxyd, Der Einfluß des — auf die Keimung. S. 16.
- Webersches Gesetz, Über die Deutung des — (Karl Bühler). S. 456.
- — Über die Gültigkeit des — bei den haptotropischen Reaktionen. S. 517.
- Weil-Felix-Reaktion, Die Beziehungen des Gruber-Widal zum Fleckfieber und zur —. S. 248.
- Weizen, Erzeugung von — bester Qualität. S. 354.
- Welt, Die räumlich geschlossene —. S. 820.
- Weltbedarf an Pferdekraften. S. 195.
- Wetter, Die Vorherbestimmung des — (Bespr.). S. 75.
- Wetterberatung vom Standpunkt des Fliegers (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 228.
- Wetterfilme. S. 798.
- Wetterkunde, praktische, Über den Unterricht in — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 511.
- Wettervorhersage, Eine neue Methode von V. Bjerknes zur Verbesserung der —. S. 450.
- Wille und Vorstellung, Hundert Jahre Welt als — (M. Kronenberg). S. 197.
- Wind, Untersuchungen über die Geschwindigkeit und Böigkeit des —. S. 337.
- Windepflanzen, Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration des Gipfels und Kontaktempfindlichkeit bei —. S. 759.
- Wirbeltiere, Zur Entwicklungsphysiologie des Auges der — (Horst Wachs). S. 322, 705.
- Wirklichkeit, Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der —. S. 483.
- Wirtschaftsgeographie, Aufgaben der —. S. 270.
- Wisent und Buffalo in modernen Tiergärten. S. 75.
- Wismutwasserstoff, Über — und Zinnwasserstoff (Zuschr.). S. 482.
- Wöllaner Braunkohle, Über die Verwertung der —. S. 482.
- Wolfram, metallisches, Fadenförmige Kristalle von —. S. 48.
- Wolga, Die Vogelwelt an der unteren — (Deutsche ornithologische Gesellschaft.) S. 464.
- Wolkenbildung durch ein Flugzeug (Zuschr.). S. 625.
- Wolkenschichten, Über Neigungen von —. S. 31.
- Wyhraniederung, Über spät- und postglaziale Ablagerungen in der —. S. 516.
- Xerophytencharakter der Hochmoorpflanzen. S. 95.

- Zellkonstanz.** Zahlenkonstanz im Aufbau des biologischen Zellenstaates (E. Martini). S. 1002.
- Zellwandverdauung,** Mikroskopische Untersuchungen zur —. S. 515.
- Zeolithe.** Ist in den — das Wasser chemisch gebunden oder nur in physikalischer Anlagerung enthalten? S. 243.
- Zinnwasserstoff.** Über Wismutwasserstoff und — (Zuschr.). S. 482.
- Zoologie.** Die angewandte — als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer und kultureller Faktor (Bespr.). S. 592.
- Grundriß der — (Bespr.). S. 815.
- Die — und ihre Leistungen im Kriege 1914 bis 1918 (Albrecht Hase). S. 105.
- Die Entwicklung der Naturwissenschaft an der Bonner Universität seit ihrer Begründung (Richard Hesse). S. 576.
- Zoologische Mitteilungen. S. 75, 416, 497, 938.
- Zoologisches Praktikum, Leitfaden für das (Bespr.). S. 175.
- Zuchtwahl, Darwins geschlechtliche — und ihre arterhaltende Bedeutung. S. 501.
- Zucker, Glyceringewinnung aus — (W. Connstein und K. Lüdecke). S. 403.
- Zugvögel, Die Richtung des Wanderfluges der — Europas. S. 12.
- Zweiflügler, Über die Funktion der Schwingkölbchen der —. S. 76.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 22-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wollen man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 80, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhändler, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 35.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitseite angenommen.

Bei jährlich 6 12 24 36 maliger Wiederholung
10 20 30 40/0 Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 8050—53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. COLOGNE-RH.

Neuauflagen wichtiger physikalischer Lehrbücher

E. Grimsehl

Lehrbuch der Physik

zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium

I. Band: **Mechanik, Wärmelehre, Akustik und Optik.** 4. vermehrte und verbesserte Auflage.

Herausgegeben von Prof. Dr. W. Hillers, Oberlehrer am Realgymnasium des Joh. in Hamburg,

unter Mitarbeit von Dr. H. Starke, o. Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.

Mit 1049 Figuren im Text, 10 Figuren auf 2 farbigen Tafeln und 1 Titelbild. [XVI und 1011 S.]

gr. 8. 1919. Geheftet M. 16.50, gebunden M. 18.60.

Die neue Auflage trägt der Eigenart des Buches, neben dem Schulunterricht auch der Hochschule dienstbar zu sein, in stärkstem Maße Rechnung und weist neben zahlreichen Verbesserungen und Ergänzungen im einzelnen wesentliche Erweiterungen in den Abschnitten Relativitätstheorie, Atomistik und Hypothese der Elementarquanten auf.

F. Kohlrausch

Kleiner Leitfaden der praktischen Physik

3. Auflage. Neubearbeitet von Dr. H. Scholl, a. o. Professor an der Universität Leipzig.

Mit 165 Abbildungen im Text. — [XX in 324 S.] gr. 8. 1919. Gebunden M. 10.—.

Die neue Auflage stellt eine erhebliche Erweiterung dar, da das Buch neben dem Universitätspraktikum auch den späteren Berufen nutzbar gemacht werden sollte. Deshalb fanden die physikalischen Apparate der ärztlichen Praxis und des Schulunterrichts weitgehendste Berücksichtigung.

Neu erschien ferner:

Physikalisches Wörterbuch

Von Prof. Dr. G. Berndt, Privatdoz. an der Tech. Hochschule zu Charlottenburg (Teubners kleine Fachwörterbücher.)

Gebunden ca. M. 4.—

Das Wörterbuch will schnell und treffend, ohne größere Vorkenntnisse vorauszusetzen, über alle wichtigeren physikalischen Erscheinungen und Begriffe unterrichten. Besondere Berücksichtigung finden dabei die Anwendungen der Physik im täglichen Leben und in der Technik.

Auf sämtliche Preise Teuerungszuschläge des Verlags und der Buchhandlungen.

Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin

Winckelmann & Söhne, Berlin SW 11

Königgrätzer Str. 89.

Spies-Jochmann: Grundriß der Experimentalphysik. Für höhere Lehranstalten und auch zum Selbstunterricht vorzüglich geeignet. 19. Aufl. (im Druck!).

Martius-Matzdorff: Die interessantesten Erscheinungen d. Stereoskopie. 36 Figurentafeln m. Text. Preis 7.20 M.

Martius-Matzdorff: Zwölf Darstellungen des stereoskopischen Glanzes an Kristallformen. Preis 4 M.

Quinke: Darstellung von Schwingungen für physikalische Vorlesungen mittelst eines stroboskopischen Zylinders. Preis 5.40 M.

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang } Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Berlin } Taubentzenstr. 12 a. d. Kirche
} Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Die großen Handbücher



von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Heitwig, Kolbe-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winckelmann u. a. **zur Erleichterung der Anschaffung** gegen bequeme Monats- oder Quartalsraten ohne Preisaufschlag von

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Altes und Neues

aus der Unterhaltungsmathematik

Von

Dr. W. Ahrens

in Rostock

Mit 51 Textfiguren. Preis M. 5.60.

(Hierzu Teuerungszuschläge)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Technisches Denken und Schaffen

Eine gemeinverständliche Einführung in die Technik

Von

Prof. **G. v. Hanffstengel**
Charlottenburg

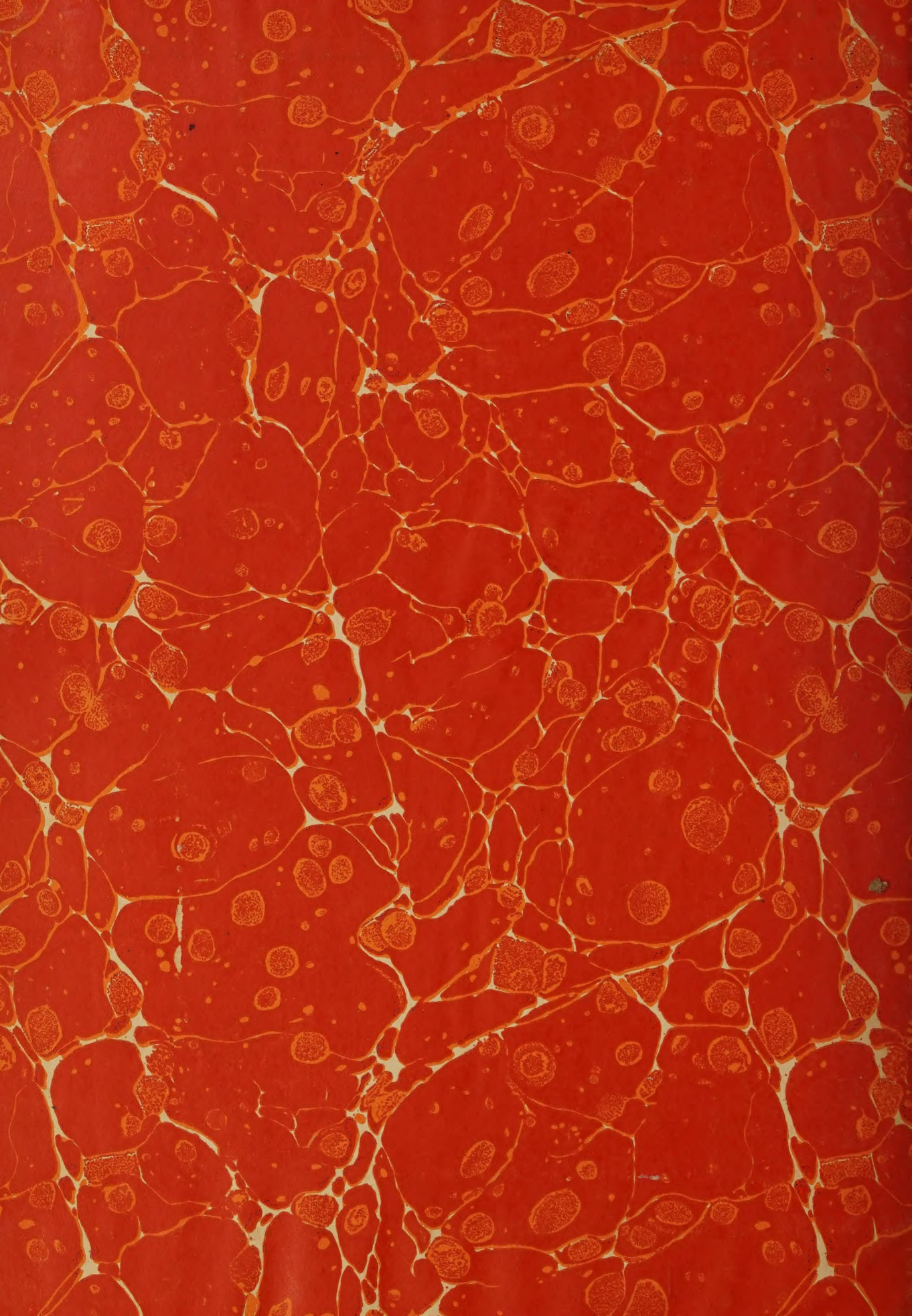
Mit 153 Textabbildungen

Gebunden M. 12.—

(und Teuerungszuschlag)

bietet allen, die sich für technische Dinge interessieren, reiche Anregung und Belehrung. In einer allgemeinverständlichen Darstellung, die durch zahlreiche, in einfacher Weise behandelte Beispiele veranschaulicht ist, wird der Leser in den Geist der modernen Technik, in die leitenden Gedanken, denen seiner Arbeit folgt, eingeführt. Durch klare, neuartige Behandlungsweise ist es gelungen, selbst schwierig erscheinende Gedankengänge dem nicht technisch oder mathematisch Gebildeten mühelos zugänglich zu machen. Das Buch ist von u. a. Studierenden, Praktikanten, Schülern, den Lehrern der Mathematik und Physik, ferner den Ausführenden Leitern und Beamten industrieller Betriebe und allen anderen, die der Technik in irgendeiner Weise näher kommen wollen, empfohlen. Ebenso wird der Ingenieur und der Lehrer der Technik mit Freude der hier niedergelegten Leitgedanken und Denkmethode folgen und manche Anregung darauf schöpfen.

Bestellen durch jede Buchhandlung



rwissenschaften.

1922/

NYC Lib.

Oct 1

1922

170674 8-3432

